

	Type	L #	Hits	Search Text	DBs	Time Stamp
1	BRS	L2	65	determin\$4 near4 (distance near profile)	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:50
2	BRS	L1	1	(measur\$3 and determin\$4) near4 (distance near profile)	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:49
3	BRS	L3	0	(distance near profile) and receiver and transmitter	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:51
4	BRS	L5	64	light near transit near time	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:53
5	BRS	L7	1	5 and distance near profile	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:53

	Type	L #	Hits	Search Text	DBs	Time Stamp
6	BRS	L6	46	5 and distance	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 13:54
7	BRS	L4	49	(distance near profile) and receiver and transmitter	USPAT; US-PGP UB; EPO; JPO; DERWEN T; IBM_TD B	2003/01/22 14:08

US-PAT-NO: 5805468

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 5805468 A

TITLE: Method and apparatus for determining the light transit time over a measurement path arranged between a measuring apparatus and a reflecting object

----- KWIC -----

Method and apparatus for determining the light transit time over a measurement path arranged between a measuring apparatus and a reflecting object

The invention relates to a method for determining the light transit time along a measurement path arranged between a measuring apparatus and a reflecting object, wherein a light transmitter contained in the measuring apparatus sends a modulated light signal  $s(t)$  along the measurement path, which is received by a light receiver contained in the measuring apparatus, is converted into a received signal  $e(t)$ , and is evaluated in the measuring apparatus, wherein the light signal  $s(t)$  to be transmitted is stored in the form of digital values in a transmitter memory; wherein the stored digital values are sequentially read out and supplied to a digital/analog converter acted on by a clock signal and controlling the light transmitter; wherein the received signal  $e(t)$  is supplied to an analog/digital converter acted on with the identical clock signal; wherein the values delivered by the analog/digital converter are deposited in a receiver memory; wherein a correlation function  $k(t)$  is formed between the signals  $s(t)$  and  $e(t)$  stored in the transmitter memory and

in the receiver  
memory; and wherein the maximum  $K_{\text{sub.max}} = k(t_{\text{sub.max}})$  of  
the correlation  
function  $k(t)$  is found, with  $t_{\text{sub.max}}$  corresponding to the  
transit time to be  
determined, and also to an apparatus for carrying out this  
method.

The invention relates to a method for determining the light  
transit time over a  
measurement path arranged between a measuring apparatus and  
a reflecting  
object, wherein a light transmitter contained in the  
measuring apparatus sends  
a modulated light signal  $s(t)$  along the measurement path,  
which is received by  
a light receiver 4 contained in the measuring apparatus, is  
converted into a  
received signal  $e(t)$ , and is evaluated in the measuring  
apparatus. The  
invention also relates to an apparatus for carrying out  
this method.

Such methods and apparatus are used in distance  
measurements which calculate  
the distance to be found between the measurement apparatus  
and the reflecting  
object, or the length of the measurement path, from the  
light transit time  
along the measurement path.

In such methods and apparatus it is often problematic that  
a very accurate  
resolution must be achieved with comparatively large  
distances, with it  
additionally being necessary to observe the existing  
regulations with respect  
to the safety of the eyes, having regard to the radiative  
power that is used.

It is an object of the present invention to so design a  
method and an apparatus  
of the initially named kind that a high resolution can be  
achieved with the  
lowest possible economical cost, while guaranteeing eye  
safety even at large  
distances.

In accordance with the invention the digital/analog converter and the analog/digital converter are thus acted on synchronously by the identical clock signal, which has the consequence that, precisely whenever a digital value from the transmitter memory is converted into an analog value and transmitted by the light transmitter, the analog value delivered at the same instant from the light receiver is converted into a digital value and deposited in the receiver memory. As a consequence, after one transmitting and receiving cycle, signals of substantially the same curve-shape are present in the transmitter and receiver memories and, neglecting internal signal transit times, the received signal is shifted timewise relative to the transmitted signal by the light transit time along the measurement path, corresponding to a specific number of clock cycles.

In accordance with the invention the number of clock cycles corresponding to the light transit time is derived by forming a correlation function between the transmitter signal and the receiver signal and by finding its maximum. At the maximum of the correlation function the transmitter and receiver signals are shifted relative to one another to such an extent that their curves have a minimum spacing from one another or substantially overlap. This shift corresponds precisely to the light transit time or the number of clock cycles which have elapsed between the transmission and the reception of the signal.

In this manner the light transit time can be found with little computing effort using cost-favorable components without, for example, having to indulge in a greater optical complexity as in the prior art or without

having to use a GHz counter.

A light signal transmission is preferably suppressed during the calculation of the light transit time from the transmitter and receiver signals, which takes place in the measurement apparatus. In this case a pulse sequence is transmitted and received shifted by the light transit time, whereupon the light transmitter is switched off and the calculation of the light transit time takes place. Thereafter the prescribed procedure starts anew.

For specific applications a very high resolution is required with respect to the light transit time to be determined, which is not strongforwardly achievable when using analog to digital converters or digital to analog converters clocked with approximately 30 MHz, because the light transit time in this case could only be accurately determined to 33.3 ns. For range measurements in the centimeter range it is, however, necessary to achieve a time resolution of approximately 0.1 ns. This can be achieved in the context of the invention in a simple manner, in that a polynomial  $p(t)$  is determined, whose spacing from the correlation function  $k(t)$  in the region of  $K_{\text{sub.max}}$  is minimal and whose maximum  $P_{\text{sub.max}} = p(t_{\text{sub.max}}/\text{pol})$  is determined, with  $t_{\text{sub.max}}/\text{pol}$  corresponding to the light transit time to be determined in place of  $t_{\text{sub.max}}$ .

Problematic in the described method is the fact that signal transit times within the measurement apparatus lead to measurement errors. These can be eliminated by the insertion of a reference path, in which reference signals pass through identical or corresponding components to the measurement signals.

In this case the light transit time corrected for measurement errors can be obtained by subtracting the signal transit time of the reference signal in the measurement apparatus from the sum of the light transit time and the measurement signal transit time in the measurement apparatus. In the preferred embodiment of the invention the light signal to be transmitted is, as a consequence, additionally transmitted from the light transmitter along a reference path of known or negligibly small length, and the difference of the light transit times over the measurement and reference paths is taken into account for the derivation of the length of measurement path, with these two light transit times being subjected to the measurement error of the signal transit times within the measurement apparatus and with this measurement error being eliminated by the said difference formation.

In a further preferred embodiment of the method of the invention one or more plausibility checks can take place after calculation of the light transit time and can be realized in different ways.

The method of the invention or a corresponding apparatus can be used for the latter purpose in order to obtain information concerning the distance between the measurement apparatus and the reflecting object. The light transmitter and light receiver in this case satisfy a double function, since they are, on the one hand, used for the actual light barrier function and, on the other hand, for the measuring of the distance. This likewise contributes to cost reduction since the corresponding components in the apparatus only need to be present once.

FIG. 4 is a flow diagram for the calculation of the light

transit time,

The digital signals stored in the transmitter memory 6 and in the receiver memory 8 are called up by a processor unit 10, which calculates the light transit time of the light along the measurement path from these signals and makes this light transit time available for further processing via an output 11.

With undisturbed reflection and not taking account of any disturbing signals, which may eventually occur, a sequence of light pulses of the same shape is present in the transmitter memory (6) and in the receiver memory (8) after one transmitter/receiver cycle, and these signals of the same shape are shifted timewise relative to one another as a result of the light transit time along the measurement path and also as a result of internal signal transit times.

Thereafter the maximum of the calculated correlation function is determined, which is characteristic for the relative shift of the two signals at which the signals are superimposed as well as possible. The position of this maximum then characterizes the sum of the light transit time and the signal transit times in the measurement apparatus.

The correlation function 12 is approximated by the polynomial 13 and the maximum of the polynomial 13 (t.sub.max/pol) is now used as the maximum representing the light transit time rather than the middle one of the five illustrated supporting values of the correlation function 12.

Since the input signal of the analog/digital converter is normed after the transient build-up of the transmitter in such a way that it



corresponds to  
MSB/2 and a norming of the received signal into a bipolar  
signal around the  
value 0 takes place, fluctuations of the received radiative  
power are  
eliminated, which could, for example, occur through  
temperature variations or  
through attenuation on the measurement path as a  
consequence of variation of  
**distance** or contamination of the reflector.

1. A method for determining the **light transit time** along a  
measurement path  
arranged between a measuring apparatus and a reflecting  
object, wherein a light  
transmitter contained in the measuring apparatus sends a  
modulated light signal  
 $s(t)$  along the measurement path, which is received by a  
light receiver  
contained in the measuring apparatus, is converted into a  
received signal  $e(t)$   
and is evaluated in the measuring apparatus, wherein

4. Method in accordance with claim 1, wherein the  
transmission of a light  
signal is suppressed during the calculation of the **light  
transit time** from the  
signals  $s(t)$  and  $e(t)$  in the measuring apparatus.

7. Method in accordance with claim 1, wherein the light  
signal to be  
transmitted by the light transmitter is additionally  
transmitted via a  
reference path of known length or of negligibly small  
length, and the  
difference of the **light transit times** via the measurement  
and reference paths  
is taken into account for the calculation of the length of  
the measurement  
path.

US-PAT-NO: 4896343

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 4896343 A

TITLE: Radiation apparatus with distance mapper for dose control

----- KWIC -----

An irradiation apparatus including an x-ray or gamma-ray source, an optical distance and surface profile measuring device, and means for adjusting the dose of radiation delivered to a target surface by the source based on a precise measured distance from the source to the target surface. The measuring device has a laser or other beam source and photodetector in known fixed relationship to the radiation source, and a pair of mirrors which are turnable to direct the laser beam from the laser to a sequence of selected spots on the target surface and then to the photodetector. Knowing the geometry of the system, the distance from the radiation source to the sequence of spots on the target surface can be computed. In one embodiment the two mirrors define a baseline of a triangle, with the laser and photodetector lying proximate to the baseline. One mirror rotates at a known speed and sensors determine the orientation of the mirror when that mirror directs light reflected from the target onto the photodetector. The orientation angles of the mirror, together with the width of the baseline, determine the altitude of the triangle formed by the mirrors and the target surface. The altitude combined with the known distance of the radiation source to the baseline determine distances for a

profile of the surface. A plurality of profiles form a three-dimensional topographic surface map.

The above objects have been met with an optical target profiling system used prior to the use of a radiation treatment process. The target profiler maps a surface, such as a portion of a patient's body so that radiation dose to a portion of the body can be carefully controlled. By creating a topographic map or a series of profiles, the contours of a surface region of the body may be taken into account. Now, three dimensional information is available regarding the target, rather than the one dimensional information of the prior art. The entire apparatus includes an x-ray or isotopic source for producing an x-ray or gamma ray beam directed so as to deliver a dose of radiation to an area of a target surface, an optical distance and surface profile measuring device, and means responsive to the measured distance from the x-ray or isotopic source to the target surface for adjusting the dose of radiation produced by the source.

The laser distance and profile measuring device includes a laser or other beam source emitting a light beam and also includes a photodetector, both in known spatial relationship to the source. Mirrors or other means for directing the light beam to a sequence of spots on the target area and for directing light scattered and reflected from the target to the photodetector are provided.

Knowing the geometry of the system, including for example, the angles of the directing mirrors, one can compute the distance from the x-ray source to each spot on the target area and produce a surface profile map. The profile map alone is very valuable where distance is measured by another technique or approximated, but profile plus distance is even more

valuable. One embodiment rotates a mirror at a known speed. Sensors determine when the mirror is in a known orientation, while the photodetector senses when the light from the target is properly directed to the detector. The time lag between the two times is used to determine the angle of the mirror for computation purposes. Once the surface profile is known, the radiation beam may be attenuated to deliver a desired dose to the target body.

US-PAT-NO: 6133989

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 6133989 A

TITLE: 3D imaging laser radar

----- KWIC -----

Laser radars (ladars) determine range in the atmosphere by measuring the transit time of a laser pulse from the transmitter/receiver to the target and dividing by twice the velocity of light in the atmospheric medium. Range resolution in such devices is related to the accuracy of this transit time measurement. In the atmosphere, ranges are typically measured in kilometers, where range resolution can be as small as 30 cm. A 3D target image can be obtained with a laser radar by rastering the laser beam across the target and measuring the transit time, pulse by pulse, where each pulse corresponds to a point on the target. The distance between points on the target determines the spatial resolution of the rastered image and defines the picture element (pixel) size; the number of pixels at the target determines the pixel-array size; the range resolution determines resolution in the third target dimension. Rastering is a slow process, particularly for large pixel-array sizes, and it requires cumbersome mechanical scanners and complex pixel-registration computer processing.

It is further the object of the present invention to provide sensors which detect and store target-reflected laser-light transit-time and peak amplitude information on a processing-electronics unit cell array

from which the range of  
each target pixel can be accurately determined.

optics for collecting light from said medium during the  
time for light to  
transit from said pulsed light source, reflect from said  
objects and be  
collected by said optics;

US-PAT-NO: 5353228

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 5353228 A

TITLE: Range-finding method and apparatus

----- KWIC -----

Optoelectronic rangefinders, for example laser rangefinders, send out coherent light pulses which are target-reflected back to the rangefinder. The distance to the target is determined by measuring the elapsed time between transmission of the laser-light pulse and return of the target-reflected laser-light pulse to the receiving device of the laser rangefinder; the distance to the target is calculated by an associated electronic system. In accordance with the known state of the art, at least one counter is started upon the emission of a pulse of laser light in order to effect this calculation. This counter totalizes the number of time intervals which elapse until the arrival of a light pulse reflected by the target. The counter is stopped upon the arrival of the light pulse. In the event different targets give rise to range-finder reception of several reflected-light pulses for a given transmitted pulse, several counters which were started upon the emission of the light pulse can be stopped, one after the other. Such a method of measurement and an arrangement for carrying out the method are to be found in the publication, "Laser Handbook", Vol. 2, edited by F. T. Arecchi and E. O. Schulz-Dubois, North Holland Publishing Company, 1972, pages 1783-1787.

The particular advantage obtained by the invention is that

it becomes possible to provide a counter having the capacity to store all possible intermediate counter values at less electronic expense than known from the prior art. The invention completely eliminates any need for an adding-counter module; instead of this, clock pulses from the oscillator can directly control entry into the serial memory of coded information as to whether or not an event has taken place within the measurement period or cycle. Since this information can be accommodated in a single bit, only a depth of memory reduced by the counter resolution is required (for example, one bit instead of 16 bits). The invention can therefore be used to great advantage, particularly when measuring the distance to diffusely reflecting objects in the open, since all measurable distance values are retained and used for the indication.

In FIG. 1, a measurement cycle of predetermined duration is illustratively divided into ten time intervals. A sequence of distances, for example of 10 to 100 meters, can be associated, corresponding to the round-trip transit time of reflected light pulses receivable within these time intervals, which are designated a-k. If an event takes place in the form of an impinging target-reflected light pulse within a particular one or more of these intervals, the event is stored as "YES" information or as a target-identifying logic level (1). If no event occurs within a time interval, then the information "NO" or a complementary logic level is stored in the involved time interval.

(a) predetermining a duration of a distance measurement period;

(b) subdividing the distance measurement period into a



succession of discrete  
time intervals;

(h) electronically reading and evaluating the digital  
memory for such locations  
as contain the first logic level, thus retaining all  
measurable distance values  
of targets and enabling their indication.

(a) predetermining a duration of a distance measurement  
period;

(b) subdividing the distance measurement period into a  
succession of discrete  
time intervals;

(h) electronically reading and evaluating the digital  
memory for such locations  
as contain the event-identifying logic level, thus  
obtaining all measurable  
distance values and enabling their indication.

(f) said circuit means being connected to said one-bit  
serial digital memory  
device for storage of each of said logic pulses at the  
storage location which  
is identified with the round-trip laser-light transit time  
for each detected  
target-reflected laser-light pulse; and

(g) electronic distance-evaluating means including a  
microprocessor connected  
to read said one-bit serial digital memory device for the  
memory locations at  
which logic pulses of the first logic level have been  
stored, thus retaining  
all measurable distance values of targets and enabling  
their indication.

(i) in which said electronic distance-evaluating means is  
connected to read  
only logic pulses of said first level.

**PALM INTRANET**

Day : Wednesday

Date: 1/22/2003

Time: 11:55:40

**Inventor Name Search Result**

Your Search was:

Last Name = HIPPP

First Name = JOHANN

Application#	Patent#	Status	Date Filed	Title	Inventor Name
<u>08698017</u>	<u>5757501</u>	150	08/15/1996	APPARATUS FOR OPTICALLY SENSING OBSTACLES IN FRONT OF VEHICLES	HIPPP , JOHANN
<u>06414720</u>	Not Issued	161	09/03/1982	HEAT ENGINE	HIPPP , JOHANN F.
<u>06164108</u>	<u>4348939</u>	150	06/30/1980	MECHANICAL-OPTOELECTRONIC ANGLE COMPARATOR FOR DETERMINATION OF THE ANGULAR POSITION OF A WEAPON MOUNTED BY A COMBAT VEHICLE RELATIVE TO THE LINE OF SIGHT	HIPPP , JOHANN F.
<u>10093087</u>	Not Issued	020	03/05/2002	METHOD AND AN APPARATUS FOR MONITORING A PROTECTED ZONE	HIPPP, JOHANN
<u>10092942</u>	Not Issued	030	03/05/2002	APPARATUS FOR DETERMINING A DISTANCE PROFILE	HIPPP, JOHANN
<u>10232991</u>	Not Issued	020	08/30/2002	OPTOELECTRONIC DETECTION DEVICE	HIPPP, JOHANN
<u>10233017</u>	Not Issued	030	08/30/2002	OPTOELECTRONIC DISTANCE MEASURING DEVICE	HIPPP, JOHANN
<u>10281288</u>	Not Issued	019	10/25/2002	OPTOELECTRONIC DISTANCE MEASURING DEVICE	HIPPP, JOHANN

Inventor Search Completed: No Records to Display.

Last Name

First Name

Search Another: Inventor

HIPPP

JOHANN

Search

To go back use Back button on your browser toolbar.

Back to [PALM](#) | [ASSIGNMENT](#) | [OASIS](#) | [Home page](#)

PAT-NO: DE004411448A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4411448 A1

TITLE: Monitoring method for detecting person or vehicle  
in defined area

PUBN-DATE: October 5, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SCHWARZ, FRANZ

COUNTRY

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SICK OPTIK ELEKTRONIK ERWIN

COUNTRY

DE

APPL-NO: DE04411448

APPL-DATE: March 31, 1994

PRIORITY-DATA: DE04411448A (March 31, 1994)

INT-CL (IPC): G07C009/00;G01V003/12 ;G01V008/00 ;G01B021/00  
;G01S017/02

EUR-CL (EPC): G01S017/02 ; G07C009/00

ABSTRACT:

At least one distance sensor, esp. near the edge of the monitoring region, transmits a sensing beam which passes over the region in a defined scanning motion with varying direction. Reflections of the beam from the edges of the region and/or from objects within the region are received and signals representing the distance of the reflection point and beam direction detected. The distance and direction signals acquired during the scanning motion define a distance contour function, which is compared by an

evaluation unit with a  
stored reference function corresp. to an anticipated object  
contour. A signal  
is generated when the detected and stored contour functions  
coincide within  
defined tolerances.



⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 11 448 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 07 C 9/00**  
G 01 V 3/12  
G 01 V 8/00  
G 01 B 21/00  
G 01 S 17/02

⑲ Aktenzeichen: P 44 11 448.6  
⑳ Anmeldetag: 31. 3. 94  
㉑ Offenlegungstag: 5. 10. 95

**DE 44 11 448 A 1**

⑦① Anmelder:  
Erwin Sick GmbH Optik-Elektronik, 79183 Waldkirch,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Manitz, Finsterwald & Partner, 80538 München

⑦② Erfinder:  
Schwarz, Franz, 79286 Glottertal, DE

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 39 32 844 C2  
DE 35 28 047 C2  
DE 32 32 437 C2  
DE 29 46 942 C2  
DE 27 48 584 C3  
DE 42 20 508 A1  
DE 41 37 510 A1  
DE 41 37 068 A1

DE 39 33 437 A1  
DE 38 32 428 A1  
DE 37 00 009 A1  
DE 36 22 421 A1  
DE 36 04 307 A1  
DE 34 29 764 A1  
DE 34 21 066 A1  
DE 33 43 558 A1  
DE 92 08 115 U1  
DE 89 12 983 U1  
US 46 27 734  
EP 02 90 944 A3  
EP 02 90 944 A2  
EP 01 47 962 A2  
WO 90 00 749 A1

BIEHL, K.E.;  
MÜLLER, W.: Ultraschall-Systeme für die  
industrielle Objekterfassung und -klassifizierung.  
In: Technisches Messen, 1988, H.10, S.367-376;  
JP 60-89784 A., In: Patents Abstracts of Japan,  
P-390, Sept. 21, 1985, Vol.9, No.236;

⑥④ Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs

⑥⑦ Verfahren zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs, bei dem zumindest ein insbesondere in Randnähe des Überwachungsbereichs vorgesehener Abstandssensor einen den Überwachungsbereich in einer vorbestimmten Abtastbewegung überstreichenden und dabei seine Richtung ändernden Abtaststrahl aussendet, den an Begrenzungen des Überwachungsbereichs und/oder an im Überwachungsbereich befindlichen Objekten reflektierten Abtaststrahl empfängt und ein den Abstand des Reflexionspunktes des Abtaststrahls vom Abstandssensor repräsentierendes Abstandssignal sowie ein die Richtung des Abtaststrahls repräsentierendes Richtungssignal ermittelt, wobei die während der Abtastbewegung ermittelten Abstandssignale und Richtungssignale eine Abstandskonturfunktion definieren, und daß eine an den Abstandssensor angeschlossene Auswertereinheit die ermittelte Abstandskonturfunktion mit zumindest einer gespeicherten, eine erwartete Objektkontur repräsentierenden Referenzkonturfunktion vergleicht, und ein Ausgangssignal erzeugt, sofern die ermittelte Abstandskonturfunktion und die Referenzkonturfunktion, insbesondere im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen.

**DE 44 11 448 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs.

Beispielsweise in der Baustoffindustrie ist es häufig wünschenswert, kontrollieren zu können, ob sich in einem Überwachungsbereich bestimmte unerwünschte Personen oder Fahrzeuge aufhalten. Daneben besteht ein Bedürfnis, Durchgänge oder Durchfahrten gegen das Eindringen von Personen oder Fahrzeugen in gefährliche Bereiche sichern zu können, wobei jedoch ein Passieren von bestimmten Personen oder Fahrzeugen weiterhin möglich sein soll.

Grundsätzlich ist es bekannt, zu derartigen Kontroll- oder Sicherungszwecken automatische Sensorsysteme zu verwenden, die jedoch meist einer aufwendigen Installation bedürfen und nach komplizierten Kontroll- und Auswerteverfahren arbeiten.

Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein einfaches und an die praktischen Gegebenheiten problemfrei anpaßbares Kontrollverfahren zu schaffen, das dennoch den gestellten Zuverlässigkeitsanforderungen in vollem Maße gerecht wird. Weiterhin ist es ein Ziel der Erfindung, eine einfach aufgebaute und universell einsetzbare Kontroll- und Überwachungsvorrichtung zu schaffen, die ihren Sicherungszweck zuverlässig erfüllt.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist vorgesehen, daß zumindest ein insbesondere in Randnähe des Überwachungsbereichs vorgesehener Abstandssensor einen den Überwachungsbereich in einer vorbestimmten Abtastbewegung überstreichenden und dabei seine Richtung ändernden Abtaststrahl aussendet, den an Begrenzungen des Überwachungsbereichs und/oder an im Überwachungsbereich befindlichen Objekten reflektierten Abtaststrahl empfängt und ein den Abstand des Reflexionspunktes des Abtaststrahls vom Abstandssensor repräsentierendes Abstandssignal sowie ein die Richtung des Abtaststrahls repräsentierendes Richtungssignal ermittelt, wobei die während der Abtastbewegung ermittelten Abstandssignale und Richtungssignale eine Abstandskonturfunktion definieren, und daß eine an den Abstandssensor angeschlossene Auswerteeinheit die ermittelte Abstandskonturfunktion mit zumindest einer gespeicherten, eine erwartete Objektkontur repräsentierenden Referenzkonturfunktion vergleicht, und ein Ausgangssignal erzeugt, sofern die ermittelte Abstandskonturfunktion und die Referenzkonturfunktion insbesondere im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen.

Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung ferner vor, daß die Vorrichtung zumindest einen Abstandssensor mit einem Sender, der einen den Überwachungsbereich in einer vorbestimmten Abtastbewegung überstreichenden und dabei seine Richtung ändernden Abtaststrahl aussendet, und einem Empfänger aufweist, der den an Begrenzungen des Überwachungsbereichs und/oder an im Überwachungsbereich befindlichen Objekten reflektierten Abtaststrahl empfängt, und ein den Abstand des Reflexionspunktes des Abtaststrahls vom Abstandssensor repräsentierendes Abstandssignal sowie ein die Richtung des Abtaststrahls repräsentierendes Richtungssignal ermittelt, wobei die während der Abtastbewegung ermittelten Abstandssignale und Richtungssignale eine Abstandskonturfunktion definieren, und daß an den Abstandssensor eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, die einen Speicher, in dem zumindest

eine eine erwartete Objektkontur repräsentierende Referenzkonturfunktion gespeichert ist, sowie einen Komparator aufweist, der die ermittelte Abstandskonturfunktion mit der gespeicherten Referenzkonturfunktion vergleicht und ein Ausgangssignal erzeugt, sofern die ermittelte Abstandskonturfunktion und die Referenzkonturfunktion insbesondere im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß eine an die Auswerteeinheit angeschlossene Sicherheitseinrichtung bei fehlender Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion ein Warnsignal abgibt und bei Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion die Abgabe eines Warnsignals unterdrückt. Dies ermöglicht eine Kontrolle, ob sich in dem erfaßten Überwachungsbereich neben den erwarteten und zulässigen Objekten auch andere, unerwünschte Objekte aufhalten.

Wenn nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung der Überwachungsbereich zweidimensional und insbesondere durch ein Tor oder eine Durchfahrt definiert ist, erfolgt die Abtastbewegung vorzugsweise innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs in der Überwachungsebene. Dadurch wird erreicht, daß ein in die zweidimensionale Überwachungsebene eintretendes Objekt erfaßt und dahingehend überprüft wird, ob es mit einer der erwarteten, als Referenzkonturfunktionen abgespeicherten Objekte übereinstimmt. Wird eine Übereinstimmung bzw. Nichtübereinstimmung festgestellt, ist nach einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, daß dies durch die Erzeugung eines Ausgangssignals angezeigt wird. Durch das Auftreten eines Ausgangssignals können dann weitere Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden, beispielsweise die Abgabe eines Warnsignals oder die Sperrung der Durchfahrt, sofern es sich bei den als Referenzkonturfunktionen gespeicherten Objekten um unzulässige Objekte handelt, oder aber die Öffnung der Durchfahrt, sofern es sich bei den als Referenzkonturfunktionen gespeicherten Objekten um zulässige Objekte handelt.

Anstelle eines Tores oder einer Durchfahrt kann auch im Rahmen des Personenschutzes der Zugang zu einer, ein Gefahrpotential darstellenden Maschine oder Anlage mittels einem erfindungsgemäßen Verfahren überwacht werden. Wenn in diesem Fall unzulässige Objekte erkannt werden, erfolgt ein Anhalten bzw. Abschalten der Maschine oder Anlage.

Obwohl es grundsätzlich möglich ist, daß nur bei Bedarf einzelne Abtastbewegungen durchgeführt werden, ist es bevorzugt, wenn die Abtastbewegung fortlaufend wiederholt wird und die bei jeder Abtastbewegung neu ermittelte Abstandskonturfunktion mit der oder den Referenzkonturfunktionen kontinuierlich verglichen wird. Dadurch wird erreicht, daß nach jeder Abtastbewegung eine neue Abstandskonturfunktion verfügbar ist, die stets das aktuelle Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von zulässigen oder nicht zulässigen Objekten im Überwachungsbereich erkennbar werden läßt.

Indem die ermittelte Abstandskonturfunktion jeweils mit einer Vielzahl von gespeicherten Referenzkonturfunktionen verglichen wird, kann erreicht werden, daß der Überwachungsbereich auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von verschiedenen Objekten hin kontrollierbar ist. Handelt es sich bei dem Überwachungsbereich um einen zu sichernden Durchgangsbereich, ermöglicht die Abspeicherung einer Vielzahl von Referenzkonturfunktionen auch, daß das zulässige Ein-

dringen von mehreren unterschiedlichen Objekten ohne Abgabe eines Warnsignals ermöglicht werden kann.

Es ist insbesondere zweckmäßig, wenn eine der gespeicherten Referenzkonturfunktionen einen freien Überwachungsbereich repräsentiert. Dies gewährleistet zum einen, daß auch dann, wenn sich in einem Überwachungsbereich kein erkanntes Objekt befindet, die Abgabe eines Warnsignals unterdrückt wird. Andererseits läßt sich in diesem Fall erreichen, daß ein freier Durchgang gezielt als solcher erkannt wird, was beispielsweise dann von Bedeutung sein kann, wenn beabsichtigt ist, den Durchgang mit einem Tor oder dergleichen zu verschließen.

Die Anwesenheit oder Abwesenheit von Personen im Überwachungsbereich läßt sich ermitteln, sofern eine der gespeicherten Referenzkonturfunktionen die Kontur einer Person repräsentiert. Dies bietet ganz allgemein den Vorteil, daß Personen von Objekten, beispielsweise Fahrzeugen, unterscheidbar sind, was bei bestimmten Überwachungszielen eine wertvolle Information darstellen kann, insbesondere dann, wenn vorgesehen ist, daß eine an die Auswerteeinheit angeschlossene Überwachungseinheit bei Auftreten eines bestimmten Auswertesignals bestimmte, von der Art des erkannten Objekts abhängige Sicherungsmaßnahmen ergreift.

Die Abstandsermittlung erfolgt vorzugsweise nach dem Laufzeitverfahren, wobei der Abtaststrahl von einem Laser erzeugt werden kann.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Abtaststrahl von zumindest einem in Randnähe angeordneten Spiegel umgelenkt wird. Dadurch kann erreicht werden, daß der Abtaststrahl den Überwachungsbereich sozusagen aus unterschiedlichen Blickrichtungen abtastet, so daß auch die ermittelte Abstandskonturfunktion eine aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufgenommene Objektkontur repräsentiert. Dies ermöglicht die Unterscheidung von Objekten, deren Konturen sich aus der Blickrichtung des Abstandssensors gleichen und die nur von bestimmten anderen Betrachtungsperspektiven aus unterschieden werden können.

Fehler bei der Meßwerterfassung lassen sich vermeiden, sofern ein Ausgangssignal erst dann erzeugt wird, wenn die ermittelte Abstandskonturfunktion bei aufeinanderfolgenden Abtastbewegungen wiederholt mit einer bestimmten Referenzkonturfunktion übereinstimmt.

Da die ermittelte Abstandskonturfunktion eines Objektes abhängig von der örtlichen Lage des Objektes ist, kann es vorteilhaft sein, wenn die Auswerteeinheit einer bestimmten Referenzkonturfunktion auch jene Referenzkonturfunktionen zum Vergleich mit der ermittelten Abstandskonturfunktion heranzieht, die sich bei einer angenommenen lagemäßigen Translation der Objektkontur längs der Abtastbewegung ergeben. Dadurch kann vermieden werden, daß ein an sich bekanntes, d. h. als Referenzkonturfunktion abgespeichertes Objekt nur deshalb im Überwachungsablauf nicht erkannt wird, weil es sich an einer Stelle befindet, an der die gemessene Abstandskonturfunktion des Objektes nicht mit seiner auf eine andere örtliche Lage des Objektes bezogenen abgespeicherten Referenzkonturfunktion übereinstimmt.

Die Vorrichtung zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs enthält vorzugsweise einen als optischen Sensor ausgebildeten Abstandssensor.

Handelt es sich bei dem Überwachungsbereich um eine im wesentlichen rechtwinklige Durchfahrt, ist be-

vorzugt, wenn der Abstandssensor entweder in einem Eckbereich oder mittig am oberen Querträger der Durchfahrt angebracht ist. Wesentlich für die Wahl der Lage des Abstandssensors ist grundsätzlich die gegenüber dem Überwachungsbereich eingenommene günstige Betrachtungsperspektive.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei dem Abstandssensor um die in der deutschen Patentanmeldung P 43 40 756.0 beschriebene Laserabstandsermittlungsvorrichtung, und der Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung ist somit Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beispielhaft beschrieben; in dieser zeigt:

Fig. 1a, b, c eine erläuternde Darstellung des erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens und der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung, und

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Kontrollvorrichtung.

Nach den Fig. 1a, 1b und 1c ist eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung 1 mittig an einem oberen Querträger 2 einer Durchfahrt 3 angebracht, die einen vor der Durchfahrt 3 gelegenen, der Allgemeinheit zugänglichen Bereich 4 von einem hinter der Durchfahrt liegenden, gefährlichen Bereich 5 trennt. Ebenso wäre es möglich, die Kontrollvorrichtung abgehängt am Querträger 2 anzubringen.

Die Durchfahrten 3 der Fig. 1a, 1b und 1c unterscheiden sich dadurch, daß die Durchfahrt nach der Fig. 1a frei ist, während sich nach Fig. 1b im Durchfahrtsbereich ein fahrerloses Schienenfahrzeug 7 und in Fig. 1c eine Person 8 aufhalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kontrolle der Durchfahrt 3 gegen unbefugtes Eindringen in den gefährlichen Bereich 5 funktioniert wie folgt:

Im Überwachungsbetrieb sendet die Kontrollvorrichtung 1 einen in der Ebene der Durchfahrt verlaufenden und die gesamte Durchfahrtsebene in einer vorgegebenen Abtastbewegung überstreichenden Abtaststrahl 6, 6', 6'' aus, der entweder an einer Begrenzung der Durchfahrt — in den Fig. 1a und 1c am Boden 9 der Durchfahrt — oder ggf. an einem in der Durchfahrt befindlichen Objekt — in Fig. 1b dem Lastgut 10 des Schienenfahrzeugs 7 — reflektiert wird und jeweils als Reflexionsstrahl 11, 11', 11'' zu der Kontrollvorrichtung 1 zurückläuft.

Die Kontrollvorrichtung ermittelt in noch im folgenden zu beschreibender Weise den Abstand des Reflexionspunktes 12, 12', 12'' von der Kontrollvorrichtung 1 in Abhängigkeit von der aktuellen Strahlrichtung und erstellt so durch Abtastung des gesamten 180° Winkelbereiches der Durchfahrt 3 eine Abstandskonturfunktion, die die in der Durchfahrt 3 während eines Durchlaufs der vorgegebenen Abtastbewegung ermittelte Objektkontur repräsentiert.

Die ermittelten Abstandskonturfunktionen sind jeweils rechts in den Fig. 1a, 1b und 1c dargestellt. Sie repräsentieren die Abstandsinformation, die vom Abtaststrahl 6, 6', 6'' bei einem Überstreichen des Durchfahrtsbereichs gesammelt wurde. Demgemäß repräsentiert die im rechten Teil der Fig. 1a dargestellte Abstandskonturfunktion 13 eine freie Durchfahrt 3, wäh-

rend die in den Fig. 1b und 1c gezeigten Abstandskonturfunktionen 14 bzw. 15 die Abstandskontur des jeweiligen sich in der Durchfahrt 3 befindlichen Objektes 7, 10 bzw. 8 repräsentieren.

Zur Auswertung der ermittelten Abstandskonturfunktionen 13, 14, 15 ist eine in Fig. 1 nicht dargestellte Auswerteeinheit vorgesehen. In der Auswerteeinheit sind als Referenzkonturfunktionen Abstandskonturfunktionen von bekannten, zugelassenen Objekten abgespeichert, die zum Eintritt in den gefährlichen Bereich 5 zugelassen sind. Die ermittelte, die Kontur des aktuell in der Durchfahrt vorhandenen Objektes 7, 10 bzw. 8 widerspiegelnde Abstandskonturfunktion 13, 14, 15 wird nun fortlaufend in der Auswerteeinheit mit den gespeicherten Referenzkonturfunktionen verglichen. Wird beim Vergleich eine Übereinstimmung zwischen der ermittelten Abstandskonturfunktion 13 bzw. 14 bzw. 15 und einer der Referenzkonturfunktionen festgestellt, wird dies durch die Abgabe eines Freisignals angezeigt. Der Betreiber der Kontrollvorrichtung erkennt daraufhin, daß es sich bei dem in der Durchfahrt 3 befindlichen Objekt 7, 10 oder 8 um ein zugelassenes Objekt handelt und wird dem Objekt 7, 10 bzw. 8 in diesem Fall die Durchfahrt gestatten. Ist hingegen die ermittelte Abstandskonturfunktion mit keiner der gespeicherten Referenzkonturfunktionen gleich, bleibt ein Freigabesignal aus und der Bediener wird das sich in der Durchfahrt 3 aufhaltende Objekt 7, 10 bzw. 8 als unzulässiges Objekt ansehen und daher dessen Durchtritt mit geeigneten Mitteln verhindern.

Wenn anstelle der Durchfahrt 3 der Zugang zu einer Maschine bzw. Anlage überwacht wird, kann bei Erkennung eines unzulässigen Objektes der Zugang zu der Maschine bzw. Anlage verhindert werden und/oder ein Abschalten der Maschine bzw. Anlage erfolgen.

Anstelle des Bedieners kann auch eine Sicherheitseinrichtung vorgesehen sein, die je nach Vorliegen oder Ausbleiben eines Freisignals geeignete Sicherungsmaßnahmen automatisch ergreift. In diesem Fall ist es besonders günstig, wenn auch die in Fig. 1a dargestellte, einen freien Durchgang repräsentierende Abstandsfunktion 13 als Referenzfunktion abgespeichert ist. Dann wird auch die freie Durchfahrt im Rahmen der Auswertung als "freies Objekt" behandelt, wodurch erreicht wird, daß ein Freisignal immer dann vorhanden ist, wenn sich entweder ein zugelassenes Objekt 7, 10 bzw. 8 in der Durchfahrt 3 befindet oder wenn die Durchfahrt 3 frei ist. Dies bedeutet aber, daß die Abgabe des Freisignals nur dann unterdrückt wird, wenn sich in der Durchfahrt 3 ein unbekanntes, nicht zugelassenes Objekt befindet. Bei einer Unterbrechung des Freisignals könnten dann sofort geeignete Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden, um das nicht zugelassene Objekt vom Eintritt in den gefährlichen Bereich abzuhalten.

Umgekehrt ist es genauso gut möglich, daß die Auswerteeinheit nur dann ein Signal abgibt, wenn keine Übereinstimmung zwischen ermittelter Abstandskonturfunktion und abgespeicherten Referenzkonturfunktionen vorliegt. In diesem Fall hat das Ausgangssignal nicht den Charakter eines Freisignals sondern den eines Warnsignals. Die Abgabe eines Warnsignals bei fehlender Übereinstimmung zwischen der Abstandskonturfunktionen des erfaßten und der zugelassenen Objekte kann insbesondere dann von großer Bedeutung sein, wenn mit der Kontrollvorrichtung überprüft werden soll, ob sich in einem festgelegten Überwachungsbereich nur zugelassene Fahrzeuge aufhalten. Gelangt ein

nicht zugelassenes Fahrzeug in den Überwachungsbereich, wird dies von der Kontrollvorrichtung erkannt und gemeldet. Sind beispielsweise nur die in den Fig. 1a und 1b dargestellten Abstandskonturfunktionen 13 und 14 als Referenzkonturfunktionen gespeichert und tritt in den Überwachungsbereich, in dem sich aus Sicherheitsgründen nur Fahrzeuge aufhalten sollen, eine Person 8 mit einer Abstandskonturfunktion 15 nach Fig. 1c ein, so erfolgt die Abgabe eines Warnsignals, wodurch die Person 8 auf die Gefährlichkeit ihrer Situation hingewiesen wird. Entsprechend kann bei Überwachung des Zugangs zu einer gefährlichen Maschine und/oder Anlage ein Abschalten oder Anhalten der Maschine bzw. Anlage erfolgen.

Darüberhinaus ermöglicht die erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung auch die Unterscheidung von verschiedenen zugelassenen Objekten, indem jeder abgespeicherten Referenzkonturfunktion ein bestimmtes Ausgangssignal zugeordnet ist. Sind beispielsweise die Abstandskonturfunktionen 14 und 15 jeweils als Referenzkonturfunktionen abgespeichert, so stellt sowohl das Schienenfahrzeug 7, 10 als auch die Person 8 ein zugelassenes Objekt im Sinne des erfindungsgemäßen Sicherungsverfahrens dar. Dennoch kann zwischen diesen Objekten 7, 10 und 8 unterschieden werden, da bei Übereinstimmung der ermittelten Abstandskonturfunktion mit der Referenzkonturfunktion entsprechend 14 ein anderes Ausgangssignal erzeugt wird, als dies bei Übereinstimmung der ermittelten Abstandskonturfunktion mit der Referenzkonturfunktion entsprechend 15 der Fall ist.

Ferner ist es prinzipiell auch möglich, statt zugelassener Objekte nicht zugelassene Objekte als Referenzkonturfunktionen abzuspeichern. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Objektkonturen der nicht zugelassenen Objekte bekannt ist. Soll beispielsweise der Aufenthalt von Fahrzeugen aller Art in einem Überwachungsbereich gestattet, der Zutritt von Personen jedoch verboten sein, so kann die der Abstandskonturfunktion 15 entsprechende Referenzkonturfunktion als einzige Referenzkonturfunktion in der Auswerteeinheit abgespeichert sein. Wird dann im Kontrollablauf eine Person 8 erfaßt, bemerkt die Auswerteeinheit das Übereinstimmen der ermittelten Abstandskonturfunktion mit der gespeicherten Referenzkonturfunktion und meldet dies durch Abgabe eines geeigneten Warnsignals.

In Fig. 2 ist eine Weiterbildung des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels der Erfindung dargestellt. Ähnlich wie in Fig. 1 ist die Kolloneinrichtung 21 mittig am oberen Querträger 22 einer Durchfahrt 23 angebracht. Im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 1 sind in den Eckbereichen der Durchfahrt 23 jedoch zusätzlich gegen die Vertikalrichtung geneigte Umlenkspiegel 24 und 25 vorhanden.

Ein in einem zentralen Winkelbereich  $\beta$  mit vertikaler Winkelhalbierenden verlaufender Abtaststrahl 26 trifft wie in Fig. 1 auf eine Begrenzung der Durchfahrt 23 auf. Demgegenüber trifft ein in dem oberhalb des Winkelbereichs  $\beta$  liegenden Winkelbereich  $\alpha$  verlaufender Abtaststrahl 27 auf den Umlenkspiegel 25 auf und wird von dort wie in Fig. 2 gezeigt als umgelenkter Abtaststrahl 28 zurückgeworfen.

Zur Erläuterung des Kontrollverfahrens nach der Fig. 2 wird im folgenden der auf dem umgelenkten Abtaststrahl 28 liegende Punkt 29 betrachtet.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich kann der Punkt 29 auch von einem direkten, d. h. nicht umgelenkten, im Winkelbereich  $\beta$  verlaufenden Abtaststrahl 30 getroffen werden.



Der Punkt 29 kann also je nach Abstrahlungswinkel der Kontrollvorrichtung auf zwei verschiedenen Lichtwegen 27, 28 bzw. 30 erreicht werden.

Allgemein können alle Punkte, die in dem einfach schraffierten Bereich 31 liegen, nur direkt und damit auf einem Wege erreicht werden, während die in den seitlichen, doppelschraffierten Bereichen 32, 33 liegenden Punkte jeweils auf zwei Lichtwegen erreichbar sind und die im dreifach schraffierten Bereich 34 liegenden Punkte sowohl direkt als auch über beide Umlenkspiegel 24, 25, d. h. auf drei verschiedenen Lichtwegen erreichbar sind.

Die in der Fig. 2 dargestellte Ausführungsform der Erfindung bietet den Vorteil, daß eine bei einem 180° Schwenk über die Winkelbereiche  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  gemessene Abstandskonturfunktion in der Regel mehr Objektinformation enthält, als dies bei der in Fig. 1 dargestellten Anordnung der Fall ist. Befindet sich der Punkt 29 beispielsweise an der Seitenwand eines gedachten, mit strichpunktierten Linien eingezeichneten Objekts 35, so wird deutlich, daß der Punkt 29 über den direkten Abtaststrahl 30 nicht erreichbar ist, da dieser Strahl 30 im Punkt 36 an der Oberfläche des gedachten Objektes 35 zurückgeworfen würde. Über den Spiegel 25 kann der Punkt 29 jedoch dennoch erreicht und sein Abstand bestimmt werden.

Analoge Verhältnisse liegen für die auf den Umlenkspiegel 24 gerichteten Strahlwege im Winkelbereich  $\delta$  vor.

Auf diese Weise kann das gedachte Objekt 35 sozusagen aus verschiedenen Blickrichtungen betrachtet werden: Dies ermöglicht, auch Objektkontur an den Seitenflächen des Objektes 35 zu ermitteln. Dadurch wird erreicht, daß Objekte, die vom Winkelbereich  $\beta$  aus gesehen eine ähnliche Objektkontur aufweisen, trotzdem unterschieden werden können, sofern sie an über die Spiegel 24, 25 erreichbaren Flächen eine unterschiedliche Formgebung aufweisen.

Neben der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform ist es auch möglich, Umlenkspiegel in den Seitenwänden der Durchfahrt 23 anzuordnen und weiterhin kann vorgesehen sein, neben planen Umlenkspiegeln auch sphärische oder zylindrische Spiegel einzusetzen. Die Kontrollvorrichtung 1 muß nicht am oberen Querträger 22 angebracht sein, sondern kann beispielsweise auch in einem der Eckbereiche oder an einer Seitenwand angeordnet sein. Ferner ist es möglich, mehrere Kontrollvorrichtungen, beispielsweise in jedem Eckbereich eine, vorzusehen, wodurch ebenfalls erreicht wird, daß ein sich im Überwachungsbereich befindliches Objekt von verschiedenen Blickrichtungen aus gesehen werden kann.

Nach Fig. 3 besteht eine erfindungsgemäße Kontrollvorrichtung 41 aus einem Sender 42, der einen Abtaststrahl 43 unter einer vorgebbaren Richtung  $\Theta$  in einen Überwachungsbereich aussendet. Die Größe  $\Theta$  repräsentiert hier allgemein eine beliebige, beispielsweise in Polarkoordinaten angebbare Raumrichtung. Handelt es sich bei dem Überwachungsbereich wie in den Fig. 1 und 2 um eine Ebene, ist  $\Theta$  als Winkel aufzufassen.

Der Abtaststrahl 43 trifft in einem Punkt 44 auf ein Objekt 45 auf und wird von dort in einem Reflexionsstrahl 46 zu einem Empfänger 47 der Kontrollvorrichtung 41 reflektiert. Abtaststrahl 43 und Reflexionsstrahl 46 verlaufen in der Praxis kollinear und sind lediglich zur besseren Unterscheidung in Fig. 3 parallel beabstandet gezeichnet.

Sender 42 und Empfänger 47 sind mit einer Steuerstufe 48 verbunden, die einerseits dazu dient, den Abtast-

trahl 43 entlang der vorbestimmten, umlaufenden Abtastbewegung zu führen und die andererseits in Verbindung mit dem Sender 42 und dem Empfänger 47 dazu ausgelegt ist, die richtungsabhängigen Abstandswerte  $A(\Theta)$  des Reflexionspunktes 44 vom Sender 42 zu ermitteln. Sender 42, Empfänger 47 und Steuerstufe 48 bilden zusammen den Abstandssensor 49.

Bei dem Abstandssensor 49 kann es sich beispielsweise um die in der deutschen Patentanmeldung P 43 40 756.0 beschriebene Laserabstandsermittlungsvorrichtung handeln. In diesem Fall ist der Sender 42 als optischer Sender und der Empfänger 47 als Photoempfänger ausgebildet, und die Ermittlung des Abstandes zwischen Reflexionspunkt 44 und dem Sender 42 erfolgt nach dem Licht-Impuls-Laufzeitverfahren. Grundsätzlich können zur Abstandsmessung jedoch auch andere Sender und Empfänger herangezogen werden, wobei es lediglich darauf ankommt, daß die Steuerstufe 48 an ihrem Ausgang 50 ein richtungsabhängiges Abstandssignal  $A(\Theta)$  bereitstellt.

Komparator 52 und Speicher 55 bilden zusammen die Auswerteeinheit 70.

Die während einzelner Abtastbewegungen ermittelten, jeweils eine Abstandskonturfunktion definierenden Abstandssignale  $A(\Theta)$  werden einem Eingang 51 eines Komparators 52 zugeführt. Am anderen Eingang 53 des Komparators 52 ist der Ausgang 54 eines Speichers 55 angeschlossen. Im Speicher 55 sind  $n$  vorgegebene Referenzkonturfunktionen  $R_1(\Theta), \dots, R_n(\Theta)$  abgespeichert, die jeweils die winkelabhängigen Abstandskonturdaten der vorgegebenen, zulässigen Objekte 1 bis  $n$  enthalten.

Wie bereits zu Fig. 1 und 2 erwähnt, wird am Ausgang 56 des Komparators 52 beispielsweise genau dann ein Ausgangssignal 57 erzeugt, wenn die ermittelte Abstandskonturfunktion  $A(\Theta)$  mit keiner der im Speicher vorhandenen Referenzkonturfunktionen  $R_1(\Theta), \dots, R_n(\Theta)$  übereinstimmt. Das Ausgangssignal 57 wird einer Sicherheitseinrichtung 58 zugeleitet, die nachfolgenden Einrichtungen geeignete Steuersignale 59, 60 und 61 zur Verfügung stellt.

Das Durchlaufen der vorgegebenen Abtastbewegung erfolgt mit hoher Geschwindigkeit, was bewirkt, daß sich auch verhältnismäßig rasch bewegende Objekte 45 in dem Sinne als quasistationär erfaßt werden, daß in aufeinanderfolgenden Abtastbewegungen ermittelte Abstandskonturfunktionen einander im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen gleichen. Zur Unterdrückung von Fehlmessungen kann der Komparator 52 daher so ausgelegt sein, daß ein Ausgangssignal 57 erst dann erzeugt wird, wenn die Abstandskonturfunktionen  $A(\Theta)$  auch nach mehrfachen Durchlaufen der vorgegebenen Abtastbewegung nicht mit einem der gespeicherten Referenzkonturfunktionen  $R_1(\Theta), \dots, R_n(\Theta)$  übereinstimmen.

Ferner ist es möglich, in nicht dargestellter Weise zwischen Speicherausgang 54 und Komparatoreingang 53 eine Transformationsstufe vorzusehen, über die dem Komparator 52 nicht nur die abgespeicherten Referenzkonturfunktionen  $R_1(\Theta), \dots, R_n(\Theta)$ , sondern zusätzlich auch Sätze von zugehörigen transformierten Referenzkonturfunktionen zur Verfügung gestellt werden. Werden beispielsweise zu jeder Referenzkonturfunktion  $R_i(\Theta)$ ;  $i = 1, \dots, n$  in der Transformationsstufe 62 diejenigen Referenzkonturfunktionen erzeugt, die aus einer transversalen Verschiebung der Kontur des Referenzobjektes hervorgehen, wird das Kontrollsystem unempfindlich gegen eine lagemäßige Translations des abgetasteten Objektes 45 längs der Abtastbewegung.

Obgleich es grundsätzlich nicht notwendig ist, daß Sender 42 und Empfänger 47 wie in Fig. 4 dargestellt an ein und demselben Ort und vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind, ist diese Ausführungsform jedoch aus Gründen der Kompaktheit des Abstandssensors 49 bevorzugt.

Wenn mehrere Abstandssensoren 49 mit zugehörigen Speichern 55 und Komparatoren 52 zur Kontrolle des gleichen Überwachungsbereiches vorgesehen sind, können die Ausgänge 56 der verschiedenen Komparatoren 52 sowohl über eine UND-Logik als auch eine ODER-Logik mit der Sicherheitseinrichtung 58 verbunden sein. Dadurch können auch komplexe Überwachungsabläufe kontrolliert und die Redundanz des Gesamtsystems erhöht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein insbesondere in Randnähe des Überwachungsbereichs vorgesehener Abstandssensor einen den Überwachungsbereich in einer vorbestimmten Abtastbewegung übersteichenden und dabei seine Richtung ändernden Abtaststrahl aussendet, den an Begrenzungen des Überwachungsbereichs und/oder an im Überwachungsbereich befindlichen Objekten reflektierten Abtaststrahl empfängt und ein den Abstand des Reflexionspunktes des Abtaststrahls vom Abstandssensor repräsentierendes Abstandssignal sowie ein die Richtung des Abtaststrahls repräsentierendes Richtungssignal ermittelt, wobei die während der Abtastbewegung ermittelten Abstandssignale und Richtungssignale eine Abstandskonturfunktion definieren, und daß eine an den Abstandssensor angeschlossene Auswerteeinheit die ermittelte Abstandskonturfunktion mit zumindest einer gespeicherten, eine erwartete Objektkontur repräsentierenden Referenzkonturfunktion vergleicht, und ein Ausgangssignal erzeugt, sofern die ermittelte Abstandskonturfunktion und die Referenzkonturfunktion insbesondere im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastbewegung innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs in der durch einen zweidimensionalen, insbesondere durch ein Tor oder eine Durchfahrt definierten Überwachungsbereich festgelegten Ebene erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine an die Auswerteeinheit angeschlossene Sicherheitseinrichtung bei fehlender Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion ein Warnsignal abgibt und bei Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion die Abgabe eines Warnsignals unterdrückt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine an die Auswerteeinheit angeschlossene Sicherheitseinrichtung bei Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion ein Warnsignal abgibt und bei fehlender Übereinstimmung von Abstands- und Referenzkonturfunktion die Abgabe eines Warnsignals unterdrückt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastbewegung fortlaufend wiederholt wird und die bei jeder Abtastbewegung neu ermittelte Abstandskonturfunktion mit der oder den Referenzkonturfunktionen verglichen wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzkonturfunktion einen freien Überwachungsbereich repräsentiert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzkonturfunktion die Kontur einer Person im Überwachungsbereich repräsentiert.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzkonturfunktion die Kontur eines Fahrzeuges im Überwachungsbereich repräsentiert.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandskonturfunktion jeweils mit einer Vielzahl von gespeicherten Referenzkonturfunktionen verglichen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Referenzkonturfunktion ein bestimmtes Ausgangssignal zugeordnet ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine an die Auswerteeinheit angeschlossene Überwachungseinheit bei Auftreten eines bestimmten Ausgangssignals bestimmte, von der Art des erkannten Objektes abhängige Sicherungsmaßnahmen ergreift.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandsmessung nach dem Licht-Impuls-Laufzeitverfahren erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abtaststrahl von einem Laser erzeugt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abtastwinkelbereich etwa  $180^\circ$  beträgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abtaststrahl von zumindest einem in Randnähe des Überwachungsbereichs angeordneten Umlenkspiegel umgelenkt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abtaststrahl unter einem ersten Winkelbereich  $\alpha$  auf einen in einem oberen Eckbereich einer im wesentlichen rechtwinkligen Durchfahrt angebrachten ersten Umlenkspiegel und unter einem zweiten Winkelbereich  $\delta$  auf einen im anderen oberen Eckbereich der Durchfahrt angebrachten Umlenkspiegel auftrifft und in einem Zwischenwinkelbereich  $\beta$  nicht umgelenkt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha = \delta$  gilt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha + \beta + \delta = 180^\circ$  gilt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal erst dann erzeugt wird, wenn die ermittelte Abstandskonturfunktion bei aufeinanderfolgenden Abtastbewegungen wiederholt mit einer bestimmten Referenzkonturfunktion übereinstimmt.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit neben der eine bestimmte Objektkontur repräsentierenden Referenzkonturfunktion auch jene Referenzkonturfunktionen zum Vergleich mit dem Abstandskontursignal heranzieht, die sich bei einer angenommenen lagemäßigen Translation der Objektkontur längs der Abtastbewegung ergeben.

21. Vorrichtung zur Kontrolle eines vorgegebenen Überwachungsbereichs, insbesondere zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zumindest einen Abstandssensor (49) mit einem Sender (42), der einen den Überwachungsbereich in einer vorbestimmten Abtastbewegung überstreichenden und dabei seine Richtung ändernden Abtaststrahl (6, 6', 6'', 26, 27, 30; 43) aussendet, und einem Empfänger (47) aufweist, der den an Begrenzungen des Überwachungsbereichs und/oder an im Überwachungsbereich befindlichen Objekten (7, 10; 8; 35; 45) reflektierten Abtaststrahl (6, 6', 6'', 26, 27, 30; 43) empfängt, und ein den Abstand des Reflexionspunktes (12, 12', 12'', 20, 36, 44) des Abtaststrahls (6, 6', 6'', 26, 27, 30; 43) vom Abstandssensor (49) repräsentierendes Abstandssignal (A) sowie ein die Richtung des Abtaststrahls (6, 6', 6'', 26, 27, 30; 43) repräsentierendes Richtungssignal (Θ) ermittelt, wobei die während der Abtastbewegung ermittelten Abstandssignale (A) und Richtungssignale (Θ) eine Abstandskonturfunktion (A(Θ)) definieren, und

daß an den Abstandssensor (49) eine Auswerteeinheit (70) angeschlossen ist, die einen Speicher (55), in dem zumindest eine eine erwartete Objektkontur repräsentierende Referenzkonturfunktion (R(Θ)) gespeichert ist, sowie einen Komparator (52) aufweist, der die ermittelte Abstandskonturfunktion (A(Θ)) mit der gespeicherten Referenzkonturfunktion (R(Θ)) vergleicht und ein Ausgangssignal (57) erzeugt, sofern die ermittelte Abstandskonturfunktion (A(Θ)) und die Referenzkonturfunktion (R(Θ)) insbesondere im Rahmen vorgegebener Toleranzgrenzen übereinstimmen bzw. nicht übereinstimmen.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor (49) als optischer Sensor ausgebildet ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor (49) in einem Eckbereich einer im wesentlichen rechtwinkligen Durchfahrt (3; 23) angebracht ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor (49) mittig am oberen Querträger (2, 22) einer Durchfahrt angebracht ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß in Randnähe des Überwachungsbereichs zumindest ein bei auftretendem Abtaststrahl (27) diesen umlenkenden Spiegel (24, 25) angebracht ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Spiegel (24, 25) als Zylinderspiegel oder sphärische Spiegel ausgebildet sind.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß Sender (42) und Empfänger (47) des Abstandssensors (49) in einem

gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Abstandssensor (49) um die in der deutschen Patentanmeldung P 43 40 756.0 beschriebene Laserabstandsermittlungsvorrichtung handelt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1a

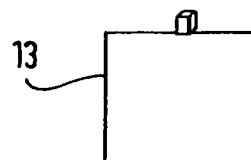
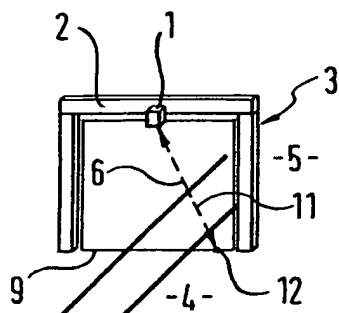


Fig. 1b

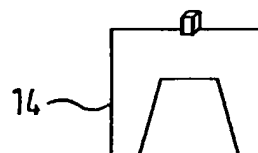
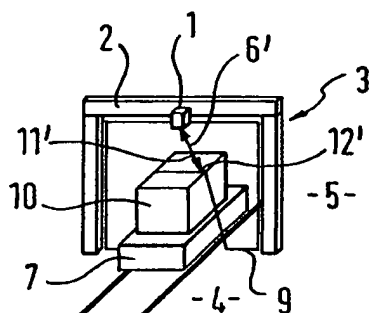


Fig. 1c

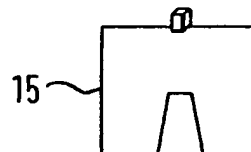
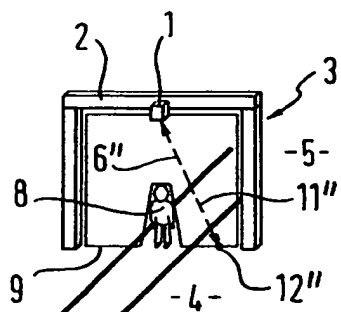
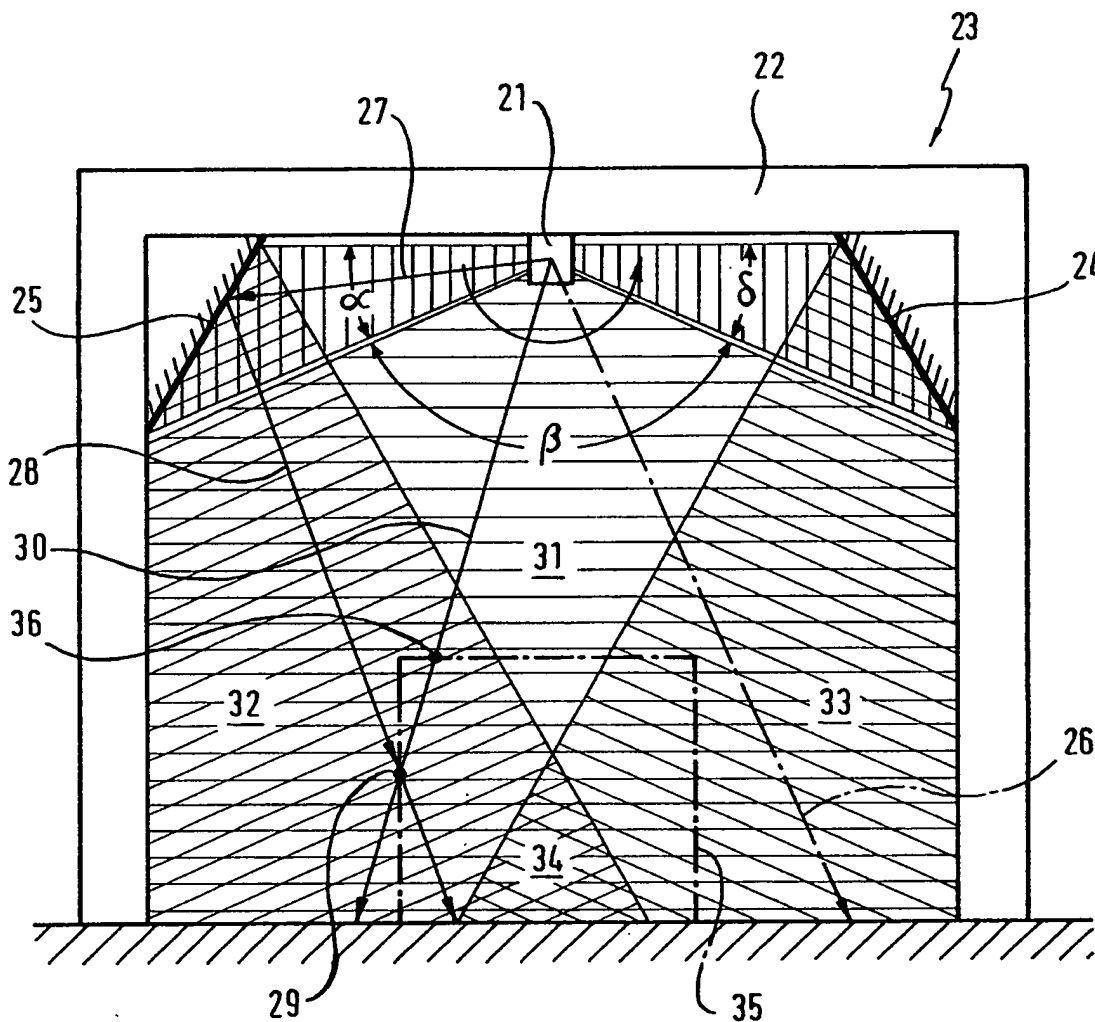
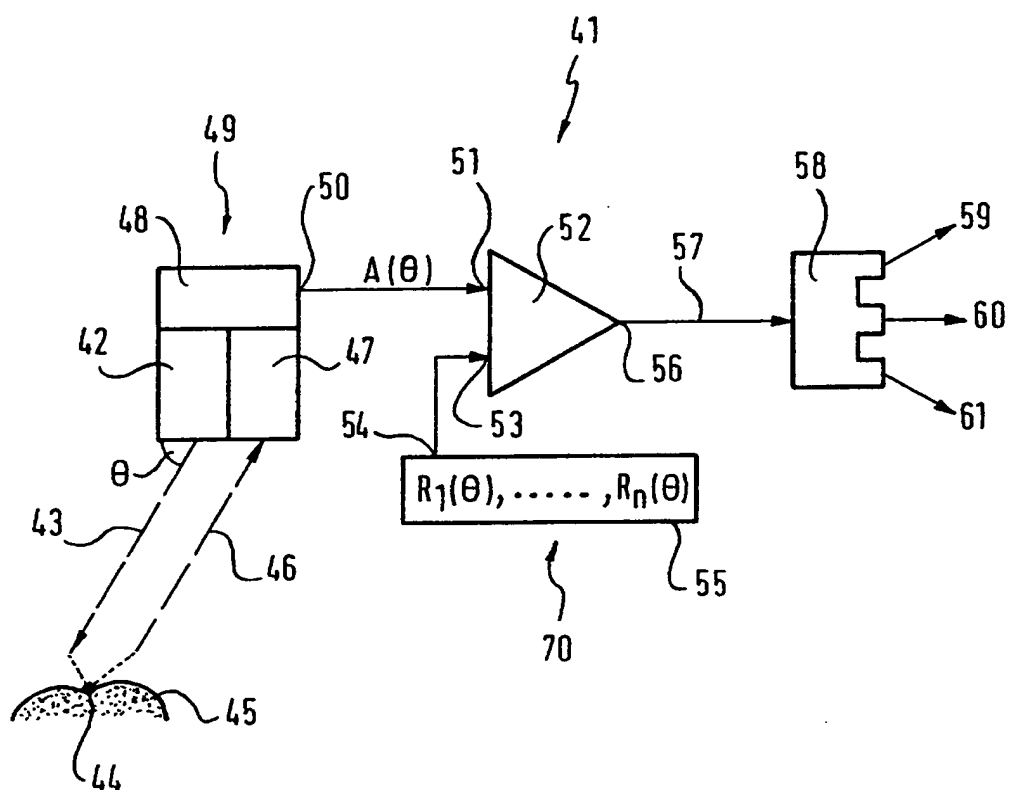


Fig. 2



**Fig. 3**



PAT-NO: DE003134815A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3134815 A1

TITLE: Area protection

PUBN-DATE: March 24, 1983

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HAAG, GUENTER DR

COUNTRY

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

ZEISS CARL FA

COUNTRY

DE

APPL-NO: DE03134815

APPL-DATE: September 3, 1981

PRIORITY-DATA: DE03134815A (September 3, 1981)

INT-CL (IPC): G01S013/04;G01S017/02 ;G08B013/18 ;G01S013/88  
;G01S017/88  
;F16P003/14

EUR-CL (EPC): F16P003/14 ; G01V008/20

US-CL-CURRENT: 340/555

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> Area protection in which the radiation emanating from a source covers the area to be protected. The protection is constructed in such a manner that when the radiation is influenced in the region of the area, an alarm is triggered. Along one side of the area to be protected, a source is arranged which emits radiation over its entire length; along the other side of the area, a reflecting strip (2) is arranged.

On both sides of the radiation source, a radiation detector is in each case provided. The radiation emanating from each point of the radiation source reaches the receivers in each case after being reflected from the strip. The signal generated by the receivers is supplied to an evaluating circuit which triggers an alarm when the detector signal deviates from the rest state. The response threshold of the evaluating circuit can be adjusted. The novel area protection is preferably used for machine protection or for protecting against penetration or passage.



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑪ DE 3134815 A1

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 31 34 815.7  
3. 9. 81  
24. 3. 83

⑤ Int. Cl. 3:  
G 01 S 13/04  
G 01 S 17/02  
G 08 B 13/18  
G 01 S 13/88  
G 01 S 17/88  
F 16 P 3/14

㉑ Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

㉒ Erfinder:  
Haag, Günter, Dr., 7000 Stuttgart, DE

DE 3134815 A1



⑤④ Flächensicherung

Flächensicherung, bei der die von einer Quelle ausgehende Strahlung die zu sichernde Fläche überdeckt. Die Sicherung ist so ausgebildet, daß bei Beeinflussung der Strahlung im Bereich der Fläche Alarm ausgelöst wird. Entlang einer Seite der abzusichernden Fläche ist eine Quelle angeordnet, die über ihre gesamte Länge Strahlung emittiert; entlang der anderen Seite der Fläche ist eine reflektierende Leiste (2) angeordnet. Zu beiden Seiten der Strahlungsquelle ist jeweils ein Strahlungsdetektor vorgesehen. Die von jedem Punkt der Strahlungsquelle ausgehende Strahlung erreicht jeweils nach einer Reflexion an der Leiste die Empfänger. Das von diesen erzeugte Signal wird einer Auswerteschaltung zugeführt, die bei Abweichung des Detektorssignals vom Ruhezustand Alarmsignal auslöst. Die Ansprechschwelle der Auswerteschaltung ist einstellbar. Die neue Flächensicherung findet vorzugsweise Anwendung zur Maschinensicherung oder zur Durchgriffs- bzw. Durchgangssicherung. (31 34 815)

DE 3134815 A1

## Patentansprüche:

1. Flächensicherung, bei der die von einer Quelle ausgehende Strahlung die zu sichernde Fläche überdeckt, und die einen Sensor aufweist, der bei Beeinflussung der Strahlung im Bereich der Fläche Alarm auslöst, dadurch gekennzeichnet, daß entlang einer Seite der abzusichernden Fläche eine über ihre gesamte Länge Strahlung emittierende Quelle (1) und entlang der anderen Seite eine reflektierende Leiste (2) angeordnet ist, und daß an beiden Enden der Strahlungsquelle (1) jeweils ein Strahlungsdetektor (3,4) vorgesehen und mit einer Auswerteschaltung (10 bis 14) verbunden ist.
2. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (1) als Leuchtstoffröhre ausgebildet ist.
3. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle aus mehreren, nebeneinander angeordneten emittierenden Dioden (20) besteht, und daß Elemente (21) zur Auffächerung der Strahlung der diskreten Dioden bis zur gegenseitigen Überlappung vorgesehen sind.
4. Flächensicherung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Strahlungsquelle (1) ausgesandte Strahlung moduliert ist.
5. Flächensicherung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlungsfeld der Strahlungsquelle (1) ein zusätzlicher Strahlungsdetektor (18) angeordnet ist, der mit einer Anordnung (19) zur Regelung des Strahlstromes in Verbindung steht.
6. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Strahlungsdetektor (6) in der Brennpunktlinie einer vorgeordneten Zylinderlinse (5) angeordnet ist.

7. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor jedem Strahlungsdetektor (6) eine schlitzförmige Blende angeordnet ist.
8. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Leiste (2) aus prismenförmigen Elementen gebildet ist.
9. Flächensicherung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung aus zwei Auswertekanälen (10,11) besteht, wobei jedem Strahlungsdetektor (3,4) ein Auswertekanal zugeordnet ist, der bei einer Abweichung des Detektorsignals vom Ruhezustand ein Signal erzeugt, und daß die Ausgänge der Auswertekanäle (10,11) einer, zur Alarmauslösung dienenden Auswertelogik (12) zugeführt sind.
10. Flächensicherung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Auswertekanal (10,11) einen selektiven Verstärker (44) mit nachgeordnetem Gleichrichter (46) sowie zwei, mit dem Ausgang des Gleichrichters (46) verbundene, parallel geschaltete Integratoren (48,49) mit unterschiedlichen Integrationszeiten und einen mit den Ausgängen der Integratoren verbundenen Komparator (52) enthält.
11. Flächensicherung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Integrationszeit eines Integrators (49) groß ist gegen die des anderen (48) und daß zwischen dem Langzeit-Integrator (49) und dem Komparator (52) eine Anordnung (53) zur Eingabe eines die Auslösung eines Alarmsignals bestimmenden Schwellwertes (55) angeordnet ist.
12. Flächensicherung nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Gleichrichter (46) und dem Eingang des Langzeit-Integrators (49) ein Schalter (56) angebracht ist, und daß mit der Auswertelogik (12) eine Anordnung (57) verbunden ist, die bei Auslösung eines Alarmsignals diesen Schalter öffnet.

13. Flächensicherung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch ihre Anwendung als Maschinensicherung.
14. Flächensicherung nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ihre Anwendung als Durchgangs- oder Durchgriffssicherung.
15. Flächensicherung nach Anspruch 1 und einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ihre Anwendung zur Zeit- oder Geschwindigkeitsmessung durch Anordnung zweier als Durchgangssicherung ausgebildeter Flächensicherungen (70,71 und 72,73) in räumlichem Abstand voneinander.

Flächensicherung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Flächensicherung, bei der die von einer Quelle ausgehende Strahlung die zu sichernde Fläche überdeckt und die einen Sensor aufweist, der bei Beeinflussung der Strahlung im Bereich der Fläche Alarm auslöst.

In der Literatur sind schon mehrere solcher, mit Licht als Strahlung arbeitende Flächensicherungen beschrieben worden. So ist es bekannt entlang einer Seite der zu überwachenden Fläche eine Reihe von Lichtquellen anzuordnen, denen auf der anderen Seite jeweils ein Photoempfänger zugeordnet ist. Abgesehen von dem großen operativen Aufwand bringt diese Sicherung große Justierprobleme mit, da jedes Paar Lichtquelle/Empfänger gesondert justiert werden muß.

Aus der DE-PS 765 353 ist eine Flächensicherung bekannt, bei der auf beiden Seiten der zu überwachenden Fläche reflektierende Leisten angeordnet sind und das von einer, auf einer Seite der Fläche vorgesehenen Lichtquelle ausgehende Licht nach mehreren Reflexionen an diesen Leisten einem, auf der anderen Flächenseite vorgesehenen Empfänger zugeführt wird. Diese Einrichtung ist aufwendig und ist schwer zu justieren, da dazu eine exakte Einstellung von zwei Spiegeln erforderlich ist; diese optischen Elemente machen die Einrichtung auch erschütterungsempfindlich.

Aus der GB-PS 715 444 ist eine Flächensicherung bekannt, bei der ein Lichtstrahl mittels eines rotierenden Spiegels über eine lichtreflektierende Leiste bewegt wird, die auf einer Seite der zu überwachenden Fläche angeordnet ist. Von dieser Leiste wird der Lichtstrahl einer zweiten Reflexionsleiste auf der anderen Flächenseite zugeführt und gelangt nach Reflexion zurück zum rotierenden Spiegel und von dort zu einem Empfänger. Diese Einrichtung ist sehr aufwendig und zudem sehr schwer zu justieren.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde eine Flächensicherung der beschriebenen Art zu schaffen, die bei einfachem Aufbau justier- und erschütterungsunempfindlich ist und die sich durch ein sehr dichtes Strahlungsfeld und demzufolge durch eine hohe Ansprechempfindlichkeit auszeichnet.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von einer Flächensicherung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß entlang einer Seite der abzusichernden Fläche eine über ihre gesamte Länge Strahlung emittierende Quelle und entlang der anderen Seite eine reflektierende Leiste angeordnet ist, und daß an beiden Enden der Strahlungsquelle jeweils ein Strahlungsdetektor vorgesehen und mit einer Auswerteschaltung verbunden ist.

Die Strahlungsquelle hat die Form eines langgestreckten, schmalen Rechtecks, das über seine gesamte Fläche gleichmäßig Strahlung emittiert. Diesen Strahler kann man gedanklich als ein Kontinuum von beliebig vielen, beliebig schmalen Teilquellen betrachten, wobei die von jeder dieser Teilquellen ausgehende Strahlung jeweils nach einer einzigen Reflexion an der gegenüberliegenden reflektierenden Leiste zu den auf den Schmalseiten der Strahlungsquelle angeordneten Detektoren gelangt. Wie ohne weiteres einzusehen ist, ist diese überwachende Fläche vollständig von einem Strahlungsvorhang erfüllt, so daß keine toten Zonen, d.h. nicht überwachte Bereiche vorhanden sind.

Als Strahlung kann beispielsweise Licht verwendet werden, wobei es vorteilhaft ist, die Lichtquelle als Leuchtstofflampe auszubilden. Soll infrarotes Licht zur Überwachung verwendet werden, so kann die Strahlungsquelle aus mehreren nebeneinander angeordneten, Infrarotstrahlung emittierenden Dioden gebildet sein, wobei Elemente zur Auffächerung der Strahlung der diskreten Dioden bis zur gegenseitigen Überlappung vorgesehen sind. Die Infrarot-Strahlquelle emittiert also auch bei dieser Ausbildung von jedem Punkt ihrer Fläche Licht.

Um die Flächensicherung von irgendwelcher Streustrahlung aus der Umgebung unabhängig zu machen, wird die von der Strahlungsquelle ausgehende Strahlung moduliert. Es können alle Modulationsarten, z.B. Amplituden- und/oder Frequenzmodulation zur Anwendung kommen, die geeignet sind einen störungsfreien Betrieb zu sichern. Es ist in manchen Fällen auch ausreichend, beispielsweise durch einen Reflektor in oder hinter der Strahlungsquelle die Strahlung so zu richten, daß die zu schützende Fläche nur in einer vorgegebenen Dicke von Strahlung erfüllt ist. Die Empfänger sind dann vorteilhaft so gestaltet, z.B. durch eine vorschaltete Optik oder Blende, daß nur Strahlung aus diesem Raum zur Anzeige kommt.

Um die Flächensicherung justierfreundlich und erschütterungsunempfindlich zu gestalten ist die reflektierende Leiste vorteilhaft aus prismenförmigen Elementen gebildet, die einen von der Strahlungsquelle kommenden Strahl in einem gewissen Winkelbereich unabhängig von seiner Einfallrichtung in der durch Strahlungsquelle und Reflexionsleiste aufgespannten Ebene reflektieren.

Da die von der Strahlungsquelle ausgehende Strahlung über jeweils nur eine Reflexion an der Reflexionsleiste auf die Empfänger gelangt, wirkt sich eine Verringerung des Reflexionskoeffizienten dieser Leiste auf die einzelnen Lichtstrahlen in gleicher Weise aus. Infolge dieser Einfachreflexion wirken sich zudem Winkelfehler der Reflexionsleiste wenig aus und es wird möglich mit der neuen Flächensicherung einen bedeutend größeren Abstand abzusichern als dies bei bekannten, mit Vielfachreflexion arbeitenden Flächensicherungen möglich wäre.

Da bei der Flächensicherung nach der Erfindung Schwankungen des Lichtstromes zur Anzeige eines Störfalles führen, ist es notwendig die an der Strahlungsquelle liegende Betriebsspannung zu stabilisieren. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang einen zusätzlichen Empfänger im Strahlungsfeld der Quelle vorzusehen, mit diesem den Strahlungsstrom zu messen und die Meßspannung zur Konstant-Regelung der Betriebsspannung und damit des Strahlungsstromes zu verwenden.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der den Empfängern nachgeordneten Auswerteschaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 9-12.

Die dort beschriebenen Auswerteschaltungen ermöglichen es die Ansprechempfindlichkeit der Flächensicherung entsprechend dem Anwendungsfall optimal einzustellen. So wird es möglich die Flächensicherung als Durchgriffsicherung einzustellen, die auch noch Gegenstände mit einer Minimal-Dimension mit 0,5-2 cm sicher nachweist; andererseits kann die Flächensicherung auch als Durchgangssicherung eingestellt werden, wobei es genügt Gegenstände einer Minimal-Dimension von 10-20 cm nachzuweisen.

Ein wichtiges Anwendungsfeld der neuen Flächensicherung liegt in ihrer Ausbildung als Maschinensicherung. Weitere Anwendungsgebiete sind in den Ansprüchen 14 und 15 beschrieben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren 1-16 der beigelegten Zeichnungen in ihrem Aufbau, ihrer Wirkung und Anwendung näher erläutert. Dabei zeigen im einzelnen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der Flächensicherung;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II der Fig. 1;

Fig. 3 eine Skizze zur Erläuterung der Wirkungsweise der Flächensicherung;

Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV der Fig. 3;

Fig. 5 einen Schnitt durch ein anderes Ausführungsbeispiel einer Flächensicherung;

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel mit automatischer Regelung des Strahlungsstromes;

Fig. 7 einen Teilschnitt durch ein Ausführungsbeispiel der Lichtquelle, die hier aus einer Reihe von diskreten Dioden gebildet ist;



- Fig. 8 einen Schnitt entlang der Linie VIII-VIII der Fig. 7;
- Fig. 9 ein Ausführungsbeispiel einer Flächensicherung zur Überwachung einer großen Fläche;
- Fig. 10 ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Schaltung zur Auswertung eines Empfängersignales;
- Fig. 11 den zeitlichen Verlauf des Strahlungsstromes und der Spannungen a-e an verschiedenen Punkten der Schaltung nach Fig. 10, für den Störfall;
- Fig. 12 ein anderes Ausführungsbeispiel einer Schaltung zur Auswertung des Signals eines Empfängers;
- Fig. 13 den zeitlichen Verlauf des Strahlungsstromes der Spannungen an a-e verschiedenen Punkten der Schaltung nach Fig. 12 für den Störfall;
- Fig. 14 ein Anwendungsbeispiel der Flächensicherung als Durchgriffsicherung;
- Fig. 15 ein Anwendungsbeispiel der Flächensicherung als Maschinensicherung;
- Fig. 16 ein Anwendungsbeispiel der Flächensicherung zur Wege- oder Geschwindigkeitsmessung.

In Fig. 1 ist mit 1 eine Strahlungsquelle bezeichnet, welche im dargestellten Beispiel als Leuchtstofflampe ausgebildet ist. Diese Leuchtstofflampe ist auf einer Seite der zu überwachenden Fläche angeordnet, während auf der anderen Seite eine Reflexionsleiste 2 angeordnet ist, deren Querschnitt aus Fig. 2 ersichtlich ist. Seitlich von der Lichtquelle 1 sind zwei Detektoren 3 und 4 angeordnet. Wie Fig. 2 zeigt besteht jeder Detektor aus einer vorgeschalteten Zylinderlinse 5, in deren Brennpunkt der eigentliche Photoempfänger 6 angeordnet ist. Zur Strom-

versorgung der Lichtquelle 1 dient ein Netzspannungsgerät 7, dem ein Stabilisierungsgerät 8 nachgeschaltet ist. Mit 9 ist ein Modulator bezeichnet, dessen Hilfe die Lampenspannung und damit der von der Quelle 1 ausgehende Lichtstrom moduliert wird.

Zur Verdeutlichung der Strahlerfüllung der zu überwachenden Fläche sind in Fig. 1 in die Darstellung der Lichtquelle 1 drei gedachte Teilquellen 1a, 1b und 1c eingezeichnet. Wie man erkennt erreicht die von diesen Teilquellen ausgehende Strahlung nach jeweils einer Reflexion an der Leiste 2 die Empfänger 3 und 4. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß infolge der kontinuierlichen Lichtemission der Lichtquelle 1 über ihre gesamte Fläche die zu überwachende Fläche zwischen 1 und 2 vollständig von Strahlung erfüllt ist.

Das vom Empfänger 3 erzeugte Signal wird einem Auswertekanal 10 zugeführt, dessen schaltungsmäßige Ausbildung aus Fig. 10 ersichtlich ist. Das Signal des Empfängers 4 gelangt zum Auswertekanal 11. Die Ausgangssignale der Auswertekanäle 10 und 11 gelangen zur Auswertelogik 12, welche im wesentlichen als Oder-Glied ausgebildet ist. Stellt die Auswertelogik in einem oder in beiden der Kanäle 10 und 11 ein Störsignal fest, so löst sie über die Einrichtung 14 Alarm aus.

Bei der dargestellten Flächensicherung können sowohl Alterungsprozesse der Bauelemente als auch eine langsam eintretende Verschmutzung der optischen Bauelemente in einem weiten Bereich kompensiert werden, ohne daß die Funktionsfähigkeit der Flächensicherung gestört ist. Haben diese Alterungs- oder Verschmutzungsprozesse jedoch eine Abschwächung der Signale von den Empfänger 3 und 4 wirkt, welche über eine bestimmte in der Auswertelogik 12 eingestellte Toleranzschwelle hinausgehen, so erfolgt die Meldung einer Störung über die Einrichtung 13.

Auch wenn eine Störung angezeigt wird, bleibt die Flächensicherung weiterhin wirksam. Es ist jedoch dann notwendig möglichst bald eine Beseitigung der Störung vorzunehmen um Fehlalarm auszuschließen. Durch die aus Fig. 2 ersichtliche Ausbildung der Reflexionsleiste 2 ist dafür gesorgt, daß die auftreffenden Lichtstrahlen in der durch die Elemente 1

und 2 aufgespannten Ebene reflektiert werden. Dies ist auch dann gewährleistet, wenn die Reflexionsleiste 2 nicht ganz sauber justiert ist und eine gewisse Verkantung aufweist. Da jeder Lichtstrahl an der Leiste 2 nur ein einziges Mal reflektiert und dann zum zugeordneten Empfänger läuft, spielt ein eventueller Winkelfehler der Leiste 2 nur eine sehr kleine Rolle. Dadurch bedingt kann der Abstand zwischen Lichtquelle 1 und Leiste 2 sehr groß gewählt werden ohne daß an die Justierung der Elemente unzulässig hohe Forderungen gestellt werden müssen. Beispielsweise ist es möglich den Abstand zwischen Lampe 1 und Leiste 2 bis auf 20 Meter auszudehnen.

Die Wirkungsweise der Flächensicherung nach Fig. 1 beim Einbringen eines Gegenstandes 15 in die zu überwachende Fläche wird anhand der Fig. 3 und 4 näher erläutert. Die Länge der Lichtquelle 1 ist hier mit  $B$  bezeichnet; der Durchmesser des eingebrachten Teils 15 mit  $a$ . Der Bereich der Lichtquelle 1, der beim Einbringen des Gegenstandes 15 in die zu überwachende Fläche zum Signal am Empfänger 4 nichts mehr beiträgt ist mit  $b_1$  bezeichnet, während der Bereich der Lichtquelle 1, der zum Signal am Empfänger 3 nichts mehr beiträgt mit  $b_2$  bezeichnet ist. Die relative Intensitätsänderung an den Empfängern 3 und 4 durch den eingebrachten Gegenstand 15 ist durch das Verhältnis  $\frac{b_2}{B}$  bzw.  $\frac{b_1}{B}$  näherungsweise festgelegt. Diese Betrachtung gilt unabhängig vom Abstand  $L$  zwischen Lichtquelle 1 und Reflexionsleiste 2. Wird der Gegenstand 15 direkt an der Lichtquelle 1 in die Fläche eingebracht, so ist die Intensitätsänderung der Signale an den Empfängern 3 und 4 durch das Verhältnis  $\frac{a}{B}$  gegeben. Wird der Gegenstand 15 direkt an der Reflexionsleiste 2 eingebracht, so erreicht dieses Verhältnis den Wert  $\frac{2a}{B}$ . Es ist aus diesen Ausführungen und aus den Skizzen der Figuren 3 und 4 ohne weiteres ersichtlich, daß bei der neuen Flächensicherung in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsfall eine elektronische Schwelle für die Auslösung des Störsignales so eingestellt werden kann, daß Gegenstände ab einer bestimmten gewählten Ausdehnung  $a$  sicher zur Anzeige gelangen.

Die Ausdehnung der Lichtquelle 1 und der Reflexionsleiste 2 bestimmen die Dicke  $d$  der Flächensicherung, d.h. den sensitiven Bereich. Die Dicke

d kann beispielsweise 20-30 mm betragen. Durch diese Dicke des sensitiven Bereiches wird sichergestellt, daß lokale optische Störungen wie sie z.B. durch hindurchfliegende Insekten hervorgerufen werden nicht zur Anzeige gelangen und zwar selbst bei einer sehr empfindlich eingestellten Auswerteschaltung nicht.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 ist hinter der Lichtquelle 1 ein Reflektor 16 vorgesehen, welcher dafür sorgt, daß alles von der Lichtquelle ausgehende Licht zur Reflexionsleiste 17 gelangt. Anstelle des externen Reflektors 16 ist es auch möglich eine Lichtquelle mit einem intern angeordneten Reflektor zu verwenden. In jedem Falle bestimmt die Geometrie des Reflektors die Dicke d des sensitiven Bereiches. Die Reflexionsleiste 17 ist im Beispiel der Fig. 5 aus einer partiell diffus streuenden Reflexionsfolie gebildet. Diese Folie hat eine Reflexionscharakteristik, wie sie in Fig. 5 gestrichelt angedeutet ist. Reflexionsfolien 17 können z.B. aus Kunststoff gefertigt sein und durch Streckung und/oder eine spezielle Oberfläche z.B. Prägen oder durch das Aufbringen von reflektierenden und/oder streuenden Körpern aus Kunststoff, Glas oder Metall die gewünschten optischen Eigenschaften erhalten.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist vor dem Photodetektor 6 eine Zylinderlinse 5 angeordnet, welche das von der Leiste 2 reflektierte Licht in einer Linie sammelt, welche auf dem Detektor 6 liegt. Durch diese Ausbildung ist dafür gesorgt, daß Streustrahlung von außerhalb des überwachten Bereiches zur Anzeige nichts beiträgt. Anstelle der Zylinderlinse 5 kann auch eine schlitzförmige Blende vorgesehen sein. Diese Maßnahmen im Zusammenhang mit der Modulation des Lichtes sorgen für eine absolute Unempfindlichkeit der Flächensicherung gegen Streustrahlung.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 6 ist im Strahlungsbereich der Lichtquelle 1 ein zusätzlicher Empfänger 18 angeordnet, welcher zur Überwachung des Lichtstromes dient. Das Signal von diesem Empfänger wird einer Regelanordnung 19 zugeführt, welche dafür sorgt, daß der von der Lichtquelle 1 ausgehende Lichtstrom immer konstant bleibt.

In den Fig. 7 und 8 ist eine Lichtquelle dargestellt, welche eine Reihe

von diskreten lichtemittierenden Dioden 20 enthält. Diese Lichtquelle findet besonders dann Anwendung, wenn es sich darum handelt die zu überwachende Fläche mit Infrarot-Strahlung auszufüllen. Vor den Dioden 20 ist eine Zylinderlinse 21 angeordnet, welche sich über die gesamte Länge der Lichtquelle erstreckt. Diese Zylinderlinse sorgt dafür, daß das von den Dioden 20 ausgehende Licht als Parallelstrahl die zu überwachende Fläche durchläuft, wie dies Fig. 8 zeigt. Zum anderen wird erreicht, daß die Strahlung der Dioden in der in Fig. 7 gezeigten Weise sich ungehindert bis zur gegenseitigen Überlappung auffächern kann. Rechts von der Zylinderlinse 21 wirkt die Strahlungsquelle der Fig. 7 als eine Quelle, welche über ihre gesamte Fläche einheitlich Infrarot-Strahlung abstrahlt.

In Fig. 9 ist eine Flächensicherung dargestellt, welche aus mehreren der in Fig. 1 gezeigten Elemente besteht. Diese Elemente sind so zusammengesetzt, daß die Breite B der zu überwachenden Fläche wesentlich größer gestaltet werden kann als dies mit einer einzigen Flächensicherung nach Fig. 1 möglich wäre. Es sind hier mehrere Strahlungsquellen, beispielsweise Leuchtstofflampen 22-26 in einer Reihe angeordnet und miteinander verbunden. Der Quelle 22 sind die beiden Empfänger 28 und 29 zugeordnet, während den nachgeordneten Quellen 23-26 jeweils nur noch ein Empfänger 30-33 zugeordnet werden muß. Die Reflexionsleiste 27 kann aus mehreren zusammengesetzten Leisten oder aus einer einzigen langen Leiste bestehen.

In Fig. 9 sind von einer gedachten Teilquelle 22a ausgehende Strahlen dargestellt die zu den Empfängern 28-33 gelangen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß auch in dem hier dargestellten Beispiel eine Überlappung der von den einzelnen Strahlungsquellen 22-26 ausgehenden Strahlen eintritt, so daß keine toten Zonen d.h. nicht überwachte Bereiche vorhanden sind.

Jedem der Empfänger 18-23 ist ein Auswertekanal 34-39 zugeordnet und die von diesen Auswertekanälen erzeugten Signale gelangen zu einer Auswertelogik 40. Stellt diese das Eindringen eines Gegenstandes in die Fläche fest, so löst sie über die Einrichtung 41 Alarm aus. Wird nur eine Stö-

rung durch Alterungs- bzw. Verschmutzungsfolgen festgestellt, so wird dies über 42 angezeigt.

Fig. 10 zeigt die Ausbildung des in Fig. 1 mit 10 bezeichneten Auswertekanals. Das vom Empfänger 3 kommende Signal hat beispielsweise die mit 43 bezeichnete Signalform. Dieses Signal wird einem Verstärker 44 zugeführt, welcher zugleich Filtereigenschaften hat, d.h. das Signal demoduliert. Hinter dem Verstärker 44 hat das Signal die Form 45 und gelangt zum Gleichrichter 46. An dessen Ausgang entsteht das Signal 47, welches zwei Integratoren 48 und 49 zugeführt wird. Die beiden Integratoren 48 und 49 haben verschiedene Zeitkonstanten, die sehr unterschiedlich gewählt sind. Beispielsweise dient der Integrator 48 einer Kurzzeitin- tegration mit einer Zeitkonstanten von 20-200 msec, während der Integrator 49 zur Langzeitintegration mit einer Zeitkonstanten von beispielsweise 2-200 sec. dient. Die Signale an den Ausgängen der Integratoren 48 und 49 sind für den Ruhezustand mit 50 und 51 bezeichnet. Diese Signale werden einem Komparator 52 zugeleitet. Zwischen dem Langzeit-Integrator 49 und dem Komparator 52 ist eine Anordnung 53 angeordnet, welche dazu dient die Auswerteschwelle festzulegen. Der eingestellte Schwellwert wird automatisch proportional zum Signalwert der Langzeit-Integration nachgeführt. Die Nachführung des Schwellwertes ist in Fig. 10 durch den Pfeil 54 angedeutet.

Fig. 11a zeigt den mittleren Wert des zum Empfänger 3 gelangenden Lichtstromes. Dieser mittlere Wert ändert sich zum Zeitpunkt  $t_1$  durch Eindringen eines Gegenstandes 15 in den zu überwachenden Bereich. Damit sinkt die Signalamplitude im Verhältnis  $b_2/B$  und das Signal am Kurzzeit-Integrator 48 zeigt den in Fig. 11b dargestellten zeitlichen Verlauf. Der Spannungsverlauf am Ausgang des Langzeit-Integrators 48 ist in Fig. 11c dargestellt. Im Komparator 52 wird nun die Differenz der Signale gemäß Fig. 11b und 11c gebildet, welche den in Fig. 11d dargestellten zeitlichen Verlauf hat. Die über 53 angestellte Schwelle 55 im Komparator wird vom Signal der Fig. 11d zwischen den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$  überschritten, so daß der Komparator 52 an seinem Ausgang 56, welcher zur Auswertelogik 12 führt das in Fig. 11e dargestellte Alarmsignal zeigt.

Die Schwelle 55 kann so eingestellt werden, daß Gegenstände einer gewünschten Minimal-Dimension  $a$  mit Sicherheit nachgewiesen werden können, d.h. ein Alarmsignal auslösen.

Sobald der Auswertelogik 12 entweder vom Auswertekanal 10 oder von dem ebenso aufgebauten Auswertekanal 11 ein Alarmsignal zugeführt wird, wird über die Einrichtung 14 Alarm ausgelöst.

In Fig. 12 ist ein anderes Ausführungsbeispiel für die Ausbildung eines Auswertekanales dargestellt. Ein Auswertekanal vom dargestellten Aufbau wird verwendet wenn eine Flächensicherung vom prinzipiellen Aufbau der Fig. 1 als Maschinensicherung Verwendung findet. Ein Ausführungsbeispiel für eine solche Maschinensicherung ist in Fig. 15 dargestellt. Diese Fig. zeigt schematisch eine Stanzmaschine 58 mit dem Stanzwerkzeug 59. Die Öffnung zur Eingabe der Werkstücke ist mit 60 bezeichnet. Diese Öffnung ist durch eine Flächensicherung gegen unbeabsichtigtes Durchgreifen gesichert, welche aus einer Lichtleiste 61 und einer gegenüber-angeordneten Reflexionsleiste 62 besteht. Den beiden, seitlich der Lichtleiste 61 angeordneten Empfängern 63 und 64 ist eine Auswerteschaltung nachgeordnet, deren prinzipieller Aufbau derjenigen der Fig. 1 entspricht. Der Aufbau der Auswertekanaäle 10 und 11 ist in Fig. 12 gezeigt. In dieser sind für übereinstimmende Bauelemente dieselben Bezugszeichen verwendet wie in Fig. 10. Der Unterschied zum Aufbau des Auswertekanales nach Fig. 10 besteht darin, daß zwischen dem Ausgang des Gleichrichters 46 und dem Eingang des Langzeit-Integrators 49 ein Schalter 56 angeordnet ist, zu dessen Betätigung ein Relais 57 dient. Dieses Relais wird über die Auswertelogik 12 betätigt.

Die Wirkungsweise der Schaltung nach Fig. 12 ist in den Fig. 13a-e dargestellt. Fig. 13a zeigt wieder den mittleren Lichtstrom der beispielsweise auf den Empfänger 63 trifft. Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird durch unbeabsichtigtes Eingreifen der Bedienungsperson in die Öffnung 60 der Lichtstrom vermindert. Den zeitlichen Signalverlauf am Ausgang des Kurzzeit-Integrators 48 zeigt Fig. 13b. Fig. 13c zeigt den zeitlichen Signalverlauf am Ausgang des Langzeit-Integrators 49. Sobald die in Fig. 13d

dargestellte Differenzspannung im Komperator 52 den eingestellten Schwellwert 55 übersteigt, d.h. zum Zeitpunkt  $t_4$  wird über die Auswertelogik 12 das Relais 57 betätigt und der Schalter 56 geöffnet. Damit wird die Langzeit-Integration zum Zeitpunkt  $t_4$  unterbrochen und der momentane Wert am Integratorausgang 49 gespeichert. Damit wird sichergestellt, daß das gemäß Fig. 13e ausgelöste Alarmsignal solange die Bewegung des Stanzwerkzeuges 59 sperrt wie sich der störende Gegenstand im Strahlengang zwischen 61 und 62 befindet.

Durch die Schaltung nach Fig. 12 ist zugleich auch sichergestellt, daß Alterungsprozesse der Bauelemente, Verschmutzungsprozesse und Langzeitdriften in einem weiten Bereich kompensiert werden. Diese Kompensation kann jedoch nur dann erfolgen, wenn keine unzulässige Beeinflussung des Strahlenfeldes der Flächensicherung vorhanden ist, d.h. solange die Langzeit-Integration nicht unterbrochen ist.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 12 und 13 genügt es die Schwelle 55 im Komperator 52 nur einer Richtung vorzusehen, da stets eine Abschwächung des Signales im Alarmfall erfolgt. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 10 und 11 ist es denkbar, daß in die zu überwachende Fläche eine Störlichtquelle eingebracht werden kann, welche zur Umgehung der Flächensicherung dienen soll. Auch in diesem Fall paßt sich der Wert der Kurzzeit-Integration sehr schnell an die neue Situation an, während der Wert der Langzeit-Integration nur langsam dieser Signaländerung folgen kann. Um auch in diesem Fall die Auslösung eines Alarmsignales zu gewährleisten wird zweckmäßig der aus Fig. 11d ersichtliche Schwellwert 55 auch unterhalb der Nulllinie angesetzt, so daß also bei Unterschreiten dieses Schwellwertes ebenfalls ein Alarmsignal ausgelöst wird.

Es ist auch möglich eine Auswerteschaltung in der Art zu bauen, daß die Signale von den beiden Empfängern der Flächensicherung einzeln und/oder parallel einem Differenzierglied zugeführt werden. Die Auswertung geschieht dann in der Art, daß ab einer bestimmten Änderungsgeschwindig-



keit der Signale eine Alarmauslösung erfolgt.

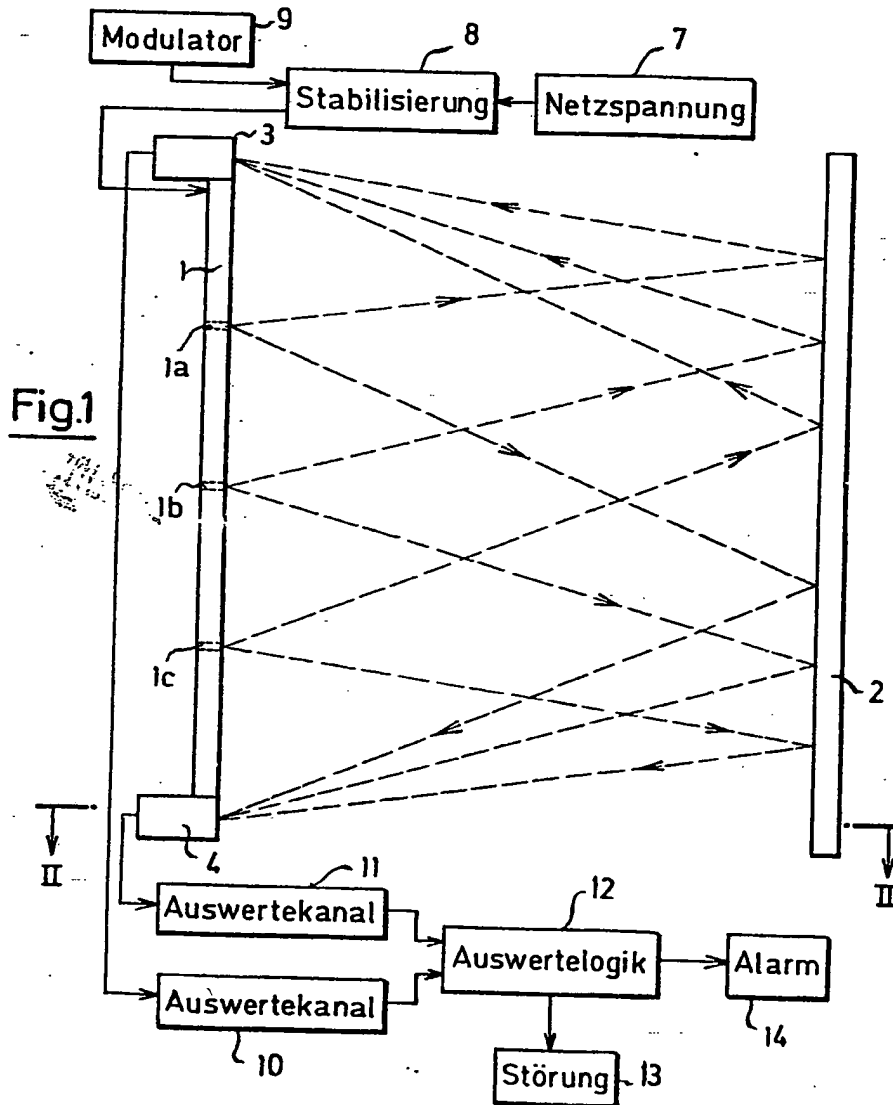
In Fig. 15 ist die Anwendung der erfindungsgemäßen Flächensicherung als Durchgriffsicherung bei einer Vitrine 65 dargestellt. Es handelt sich hier beispielsweise um die Vitrine eines Juwelliers, die nach oben offen ist, wobei diese offene Fläche 66 zu überwachen ist. Dazu ist eine Flächensicherung vorgesehen, welche aus einer Lichtleiste 67 mit zugeordnetem Empfänger und einer Reflexionsleiste 68 besteht. Die Auswerteelektronik ist in der Vitrine 65 untergebracht. Die Vitrine ist mit einem Fußschalter 69 versehen über den die Flächensicherung von der berechtigten Person ausgeschaltet werden kann. Nach Loslassen dieses Fußschalters ist die Flächensicherung sofort wieder intakt. Die Anzeigeschwelle der Flächensicherung ist hier zweckmäßig so eingestellt, daß diese auf kleinste Gegenstände reagiert, z.B. schon auf Gegenstände mit Abmessungen kleiner als 1 cm.

Es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Flächensicherung auch als Durchgangssicherung beispielsweise in gefährdeten Bereichen oder zur Absicherung von Tresoren oder Räumen verwendet werden kann.

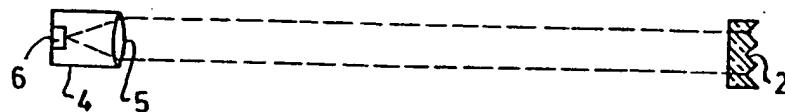
Es ist auch möglich die neue Flächensicherung als transportable Einheit auszubilden. So kann beispielsweise die Lichtquelle und die zugeordneten Empfänger in einem Stab 70 angeordnet werden, dem in der Darstellung der Fig. 16 eine, ebenfalls in einem Stab untergebrachte Reflexleiste 71 gegenübersteht. Zwischen den Stäben 70 und 71 ist ein Lichtvorhang aufgebaut, bei dessen Unterbrechung ein Signal ausgelöst wird. Dieses kann beispielsweise zur Zeitmessung Verwendung finden. Ordnet man in einem vorbekannten Abstand von den beiden Stäben 70, 71 zwei weitere Stäbe 72, 73 an, welche zwischen sich ebenfalls einen Lichtvorhang aufbauen, so kann diese Vorrichtung dazu verwendet werden die Geschwindigkeit von irgendwelchen Gegenständen zu messen, die sich auf den Weg 74 bewegen.

<sup>man</sup>  
Sorgt dafür daß sich Werkstücke stets in derselben Ebene durch eine Flächensicherung der beschriebenen Bauart bewegen, so können die Signale analog ausgewertet und dazu verwendet werden die Werkstücke nach Größe zu zählen und/oder zu sortieren.

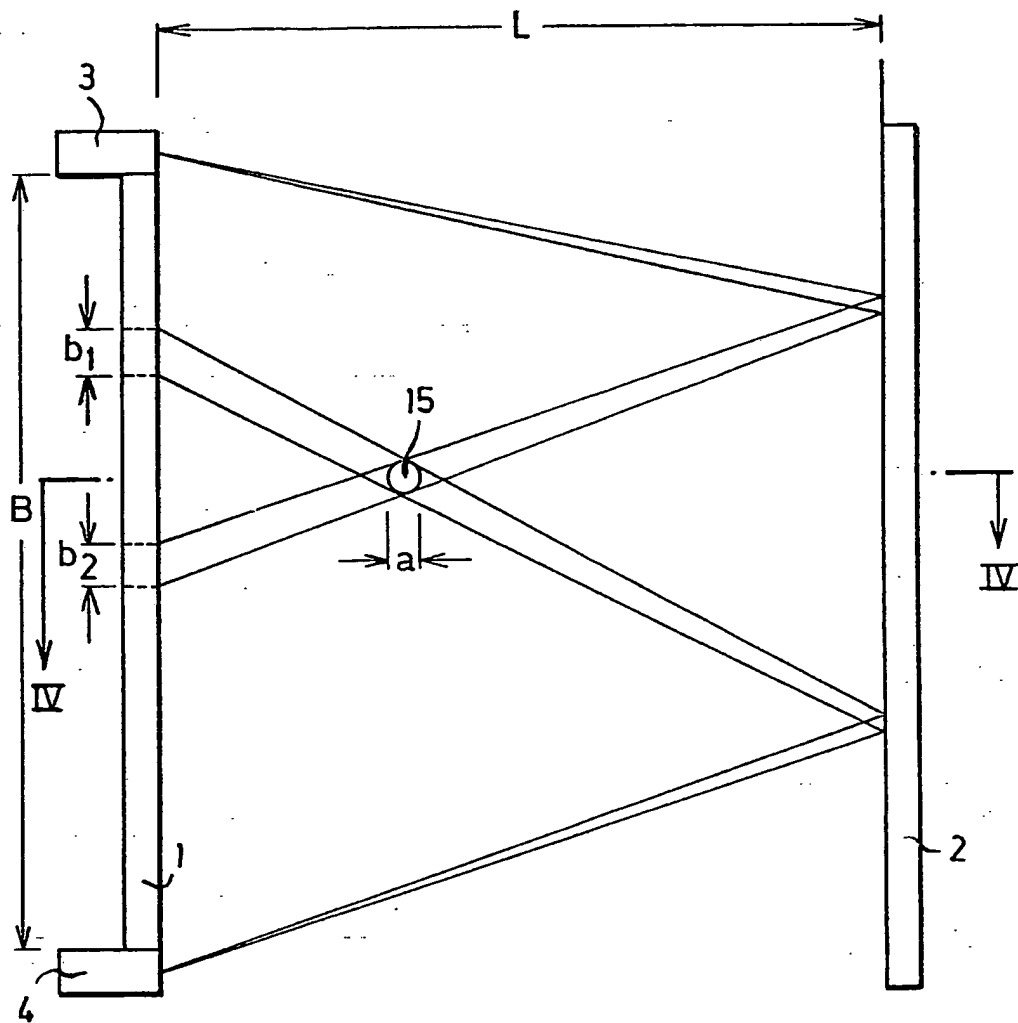
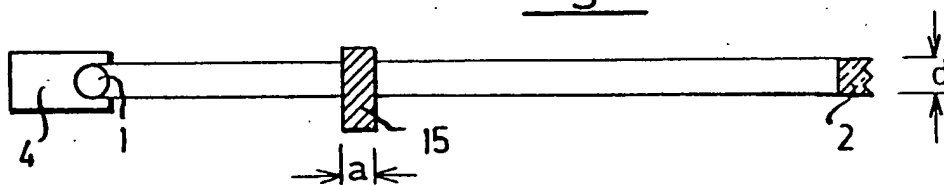
3134815

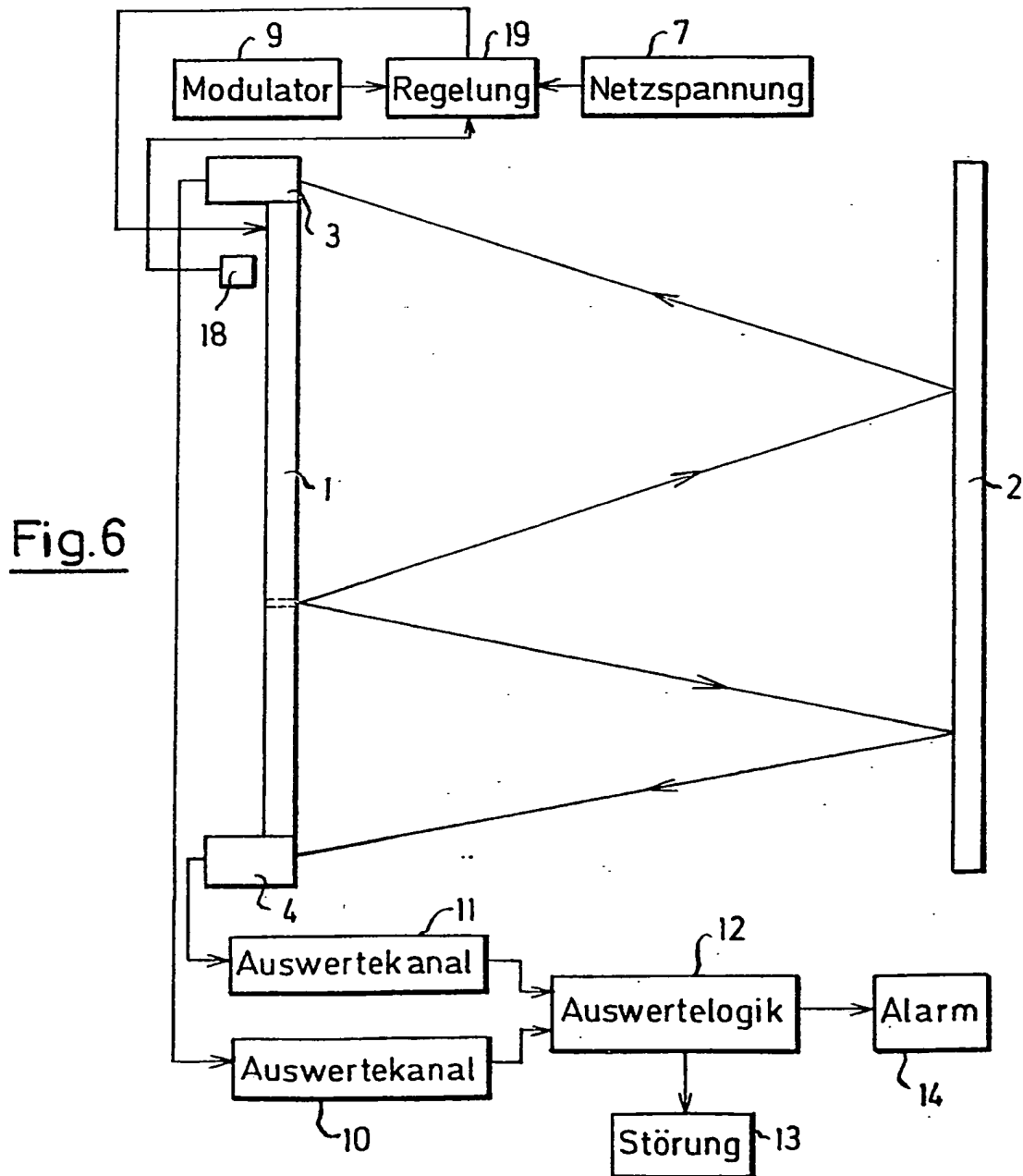
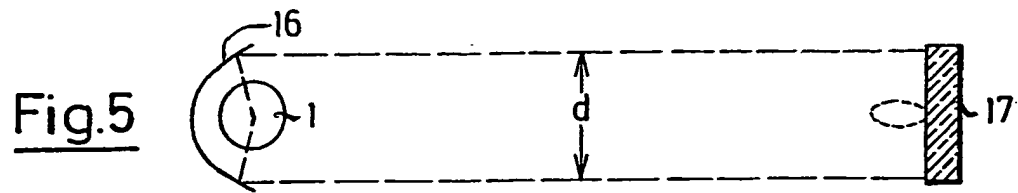


**Fig.2**



.17-

Fig.3Fig.4



- 19 -

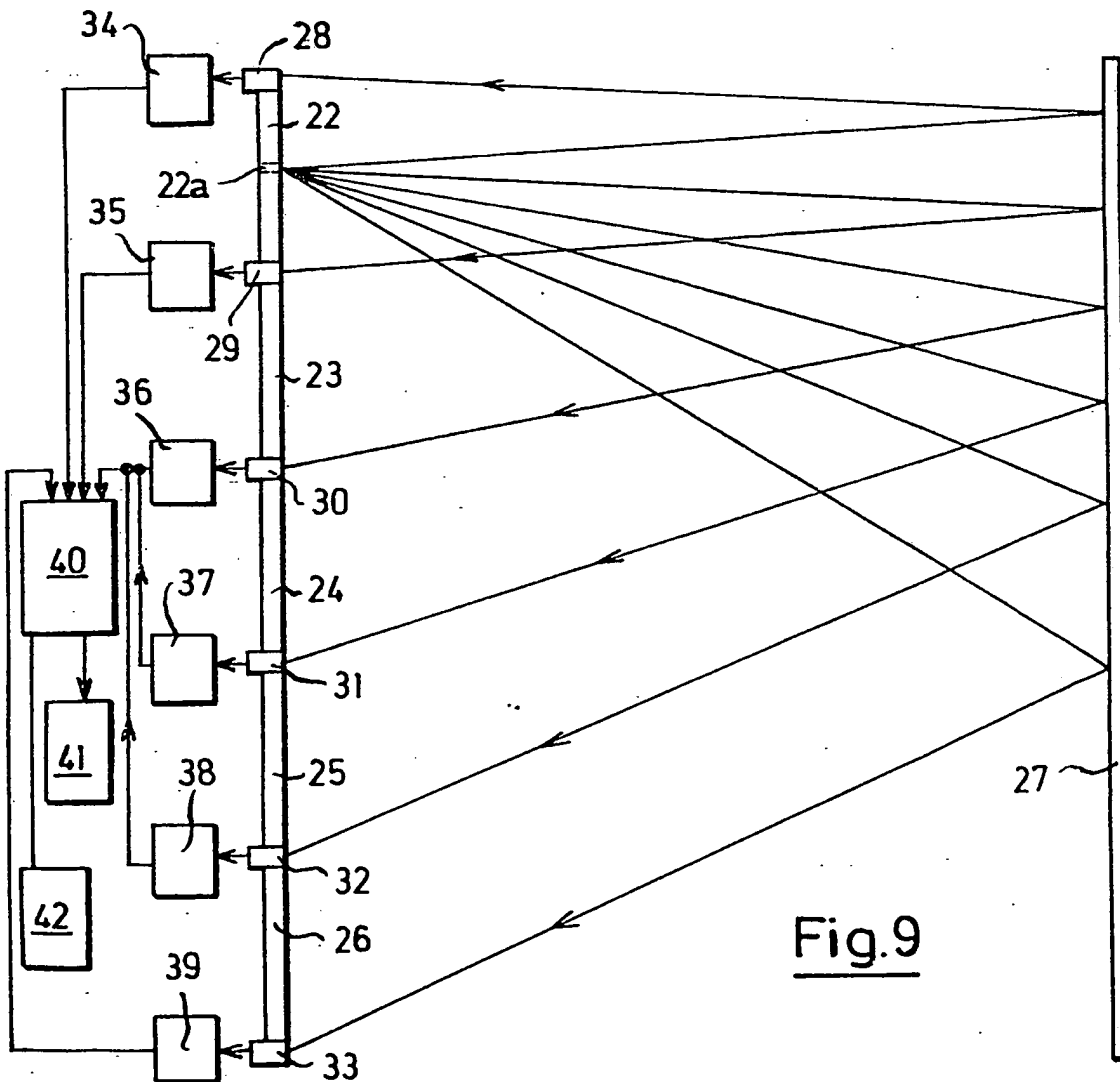
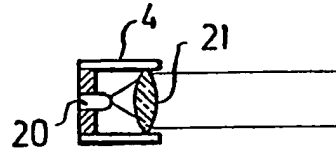
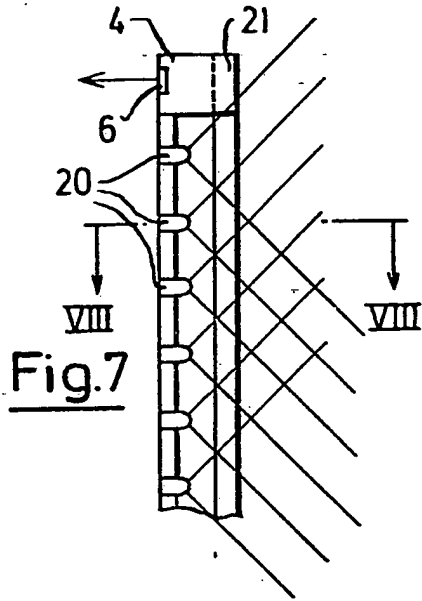
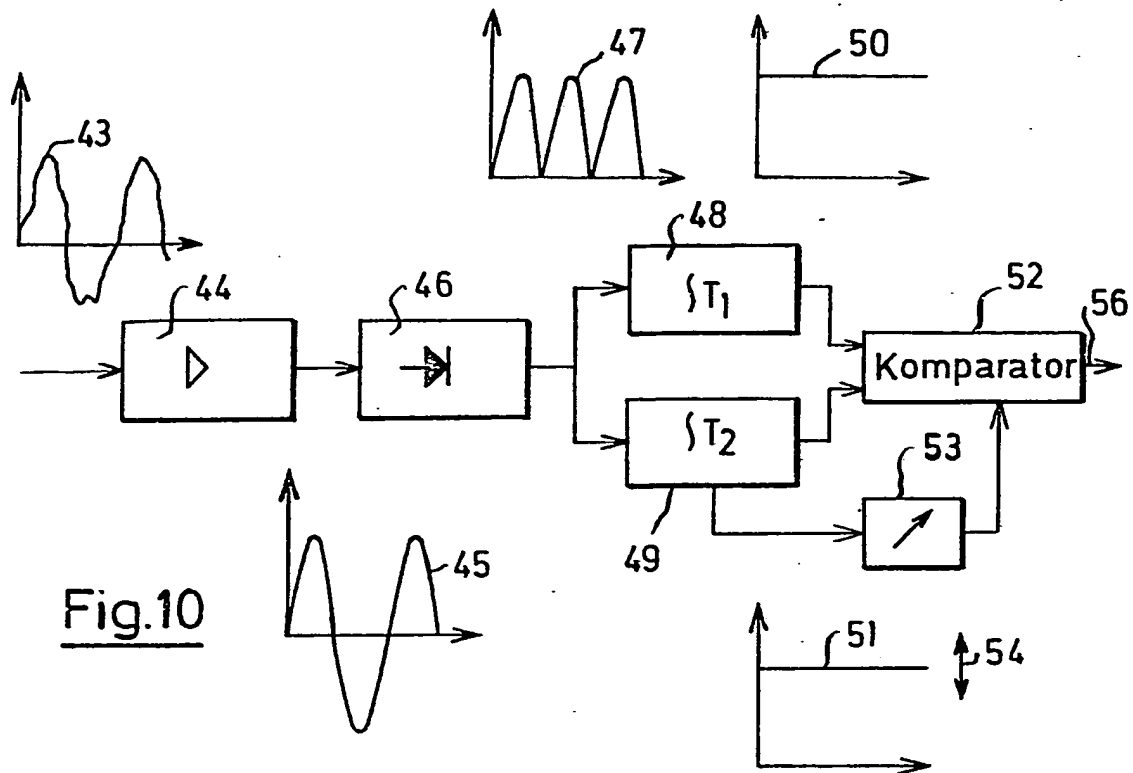
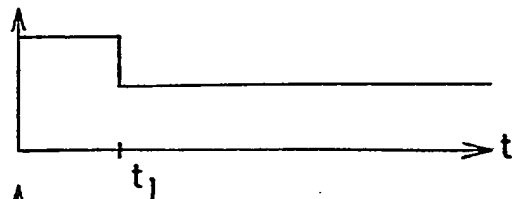
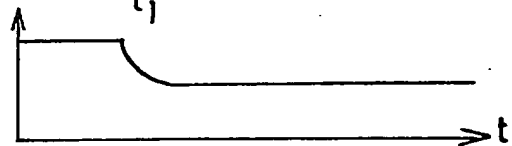
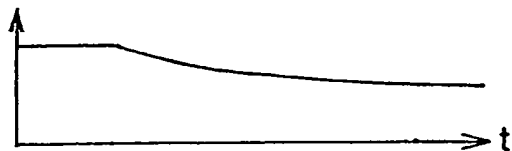
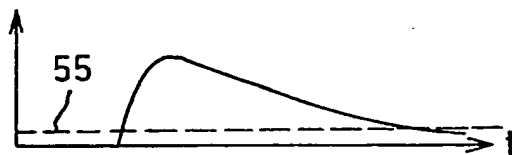
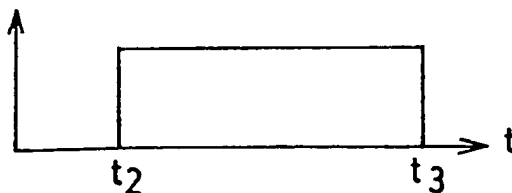


Fig. 9

Fig. 10Fig. 11aFig. 11bFig. 11cFig. 11dFig. 11e

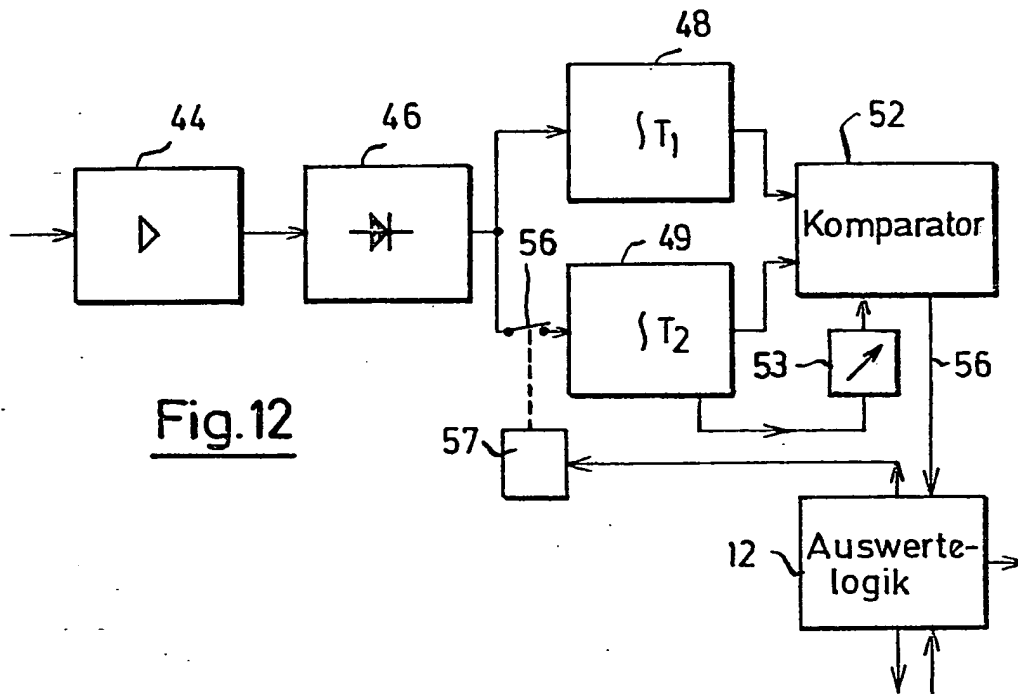


Fig.12

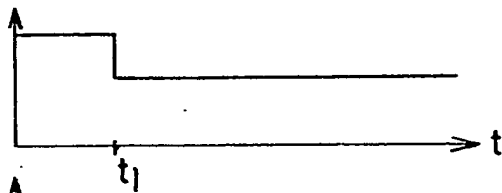


Fig. 13a

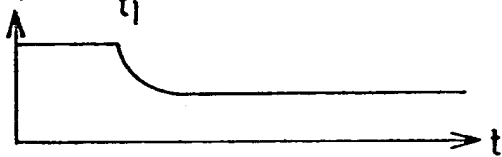


Fig. 13b

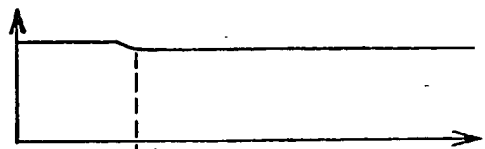


Fig. 13c

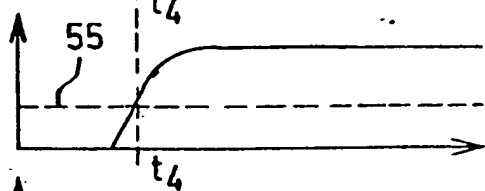


Fig. 13d

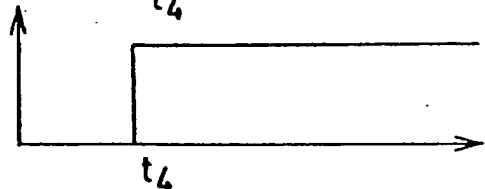
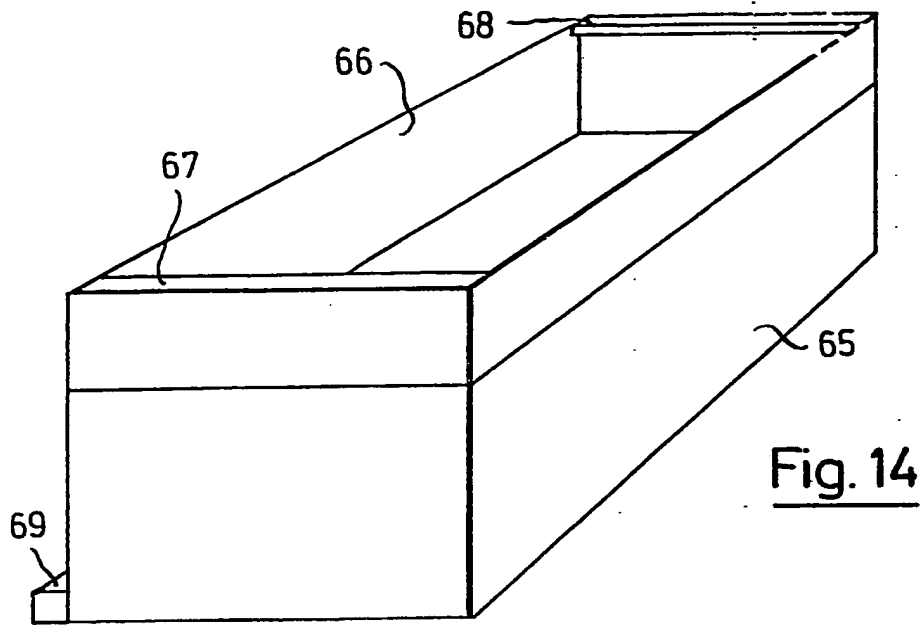
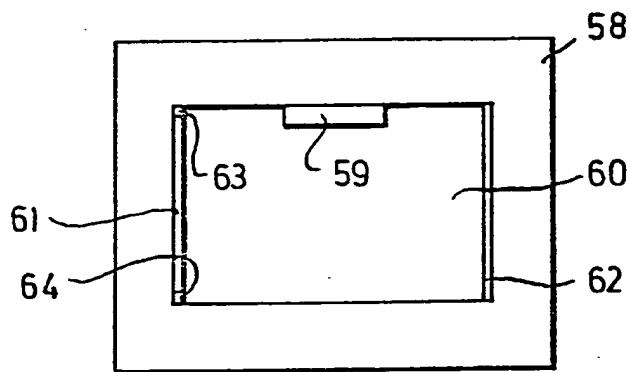
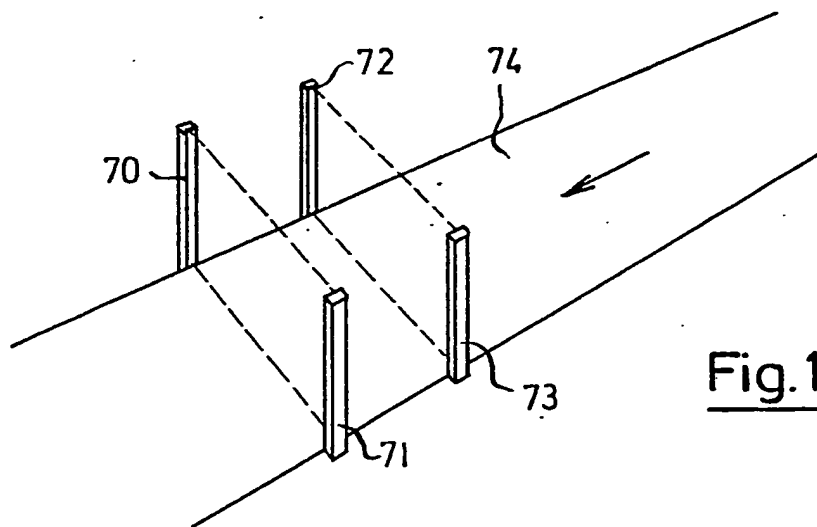


Fig. 13e

11948

Fig. 14Fig. 15Fig. 16



PAT-NO: DE019936440A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19936440 A1

TITLE: Optoelectronic device for detecting objects, uses transmitters to emit light rays, receiver to pick up transmitted light rays, and multiple receiving elements fitted at preset distances from each other

PUBN-DATE: March 15, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
CLAUS, ARMIN	DE
DROEMER, JOERG	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO	DE

APPL-NO: DE19936440

APPL-DATE: August 3, 1999

PRIORITY-DATA: DE19936440A (August 3, 1999)

INT-CL (IPC): G01D005/30;G06K007/10

EUR-CL (EPC): G06K007/10 ; G06K007/10,G06K007/10

ABSTRACT:

CHG DATE=20011002 STATUS=O>Transmitter (3) emits light rays (2) and receiver (5) picks up the transmitted light rays (4). In the path of the transmitting light rays there is a filter (8) with changing space dimensions. A transmission coefficient's dependence on location adapts to an object with a homogenous surface and in an illuminating plane.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 199 36 440 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 01 D 5/30  
G 06 K 7/10

⑦1 Aktenzeichen: 199 36 440.0  
⑦2 Anmeldetag: 3. 8. 1999  
⑦3 Offenlegungstag: 15. 3. 2001

DE 199 36 440 A 1

⑦1 Anmelder:  
Leuze electronic GmbH + Co, 73277 Owen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Ruckh, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 73277  
Owen

⑦2 Erfinder:  
Claus, Armin, 72622 Nürtingen, DE; Droemer, Jörg,  
72574 Bad Urach, DE

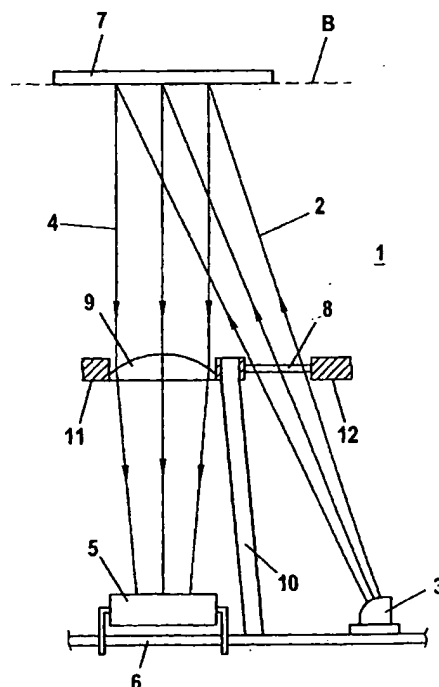
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 33 06 088 C2  
DE 32 04 258 C2  
DE 26 54 402 B2  
DE 22 48 768 B2  
DE 198 50 270 A1  
DE 197 58 104 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Optoelektronische Vorrichtung

⑤7 Die Erfindung betrifft eine optoelektronische Vorrichtung zur Erfassung von Objekten mit wenigstens einem Sendelichtstrahlen (2) emittierenden Sender (3) und einem Empfangslichtstrahlen (4) empfangenden Empfänger (5) mit mehreren Empfangselementen, welche in vorgegebenem Abstand zueinander angeordnet sind. Im Strahlengang der Sendelichtstrahlen (2) ist ein Filter (8) mit räumlich veränderlichem Transmissionskoeffizient angeordnet, wobei die Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten an ein in einer Beleuchtungsebene angeordnetes Objekt mit homogener Oberfläche so angepaßt ist, daß mit den vom Objekt zurückreflektierten Empfangslichtstrahlen (4) eine homogene Ausleuchtung der Empfangselemente erhalten wird.



DE 199 36 440 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine derartige Vorrichtung kann insbesondere als Barcodelesegerät ausgebildet sein. Zur Erfassung eines Barcodes wird mit den Sendelichtstrahlen wenigstens eines Senders eine Beleuchtungsebene in einer vorgegebenen Distanz zum Barcodelesegerät ausgeleuchtet. Das Kontrastmuster des Barcode in dieser Beleuchtungsebene wird mittels eines Empfängers erfaßt, welcher vorzugsweise von einem CCD-Zeilenelement gebildet ist. Die Sendelichtstrahlen leuchten den Barcode vollständig aus, so daß durch die am Barcode reflektierten Empfangslichtstrahlen der gesamte Barcode auf dem CCD-Zeilenelement abgebildet wird. Entsprechend dem Kontrastmuster des Barcodes ergibt sich auf dem CCD-Zeilenelement eine räumliche variierende Intensitätsverteilung der Empfangslichtstrahlen. Mittels einer dem Empfänger nachgeschalteten Auswerteeinheit wird durch eine geeignete Auswertung der Ausgangssignale des Empfängers das Kontrastmuster des Barcodes dekodiert.

Das Kontrastmuster des Barcodes besteht vorzugsweise aus einer Folge von schwarzen und weißen Strichelementen. Entsprechend variiert die Intensitätsverteilung der Empfangslichtstrahlen auf dem CCD-Element.

Aus dem dadurch generierten Signalmuster der Ausgangssignale des Empfängers wird mittels eines Schwellwerts eine binäre Signalfolge gewonnen, welche dem Muster der schwarzen und weißen Strichelemente entspricht.

Voraussetzung für eine fehlerfreie Dekodierung der Ausgangssignale am Empfänger ist eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung der Beleuchtungsebene mittels der Sendelichtstrahlen. Würde beispielsweise ein Barcode nur in der Mitte, nicht aber in den Randbereichen hinreichend ausgeleuchtet, so wäre in diesen Randbereichen das Kontrastmuster des Barcodes nicht mehr erfaßbar, da das von dort reflektierte Empfangslicht ein Ausgangssignal am Empfänger generieren würde, welches unabhängig davon, ob ein weißes oder schwarzes Strichelement erfaßt wird, unterhalb des Schwellwertes läge.

Zur Lösung dieses Problems werden bei bekannten Barcodelesegeräten eine Vielzahl von nebeneinanderliegend angeordneten Sendern vorgesehen, um dadurch eine möglichst homogene Ausleuchtung der Beleuchtungsebene zu erhalten. Dies bedeutet jedoch einen erheblichen Aufwand an Bauteilen, wodurch die Herstellkosten derartiger Barcodelesegeräte unerwünscht hoch sind.

Alternativ oder zusätzlich können dem Sender oder den Sendern diverse Sendeoptiken nachgeordnet sein, um dadurch eine homogene Ausleuchtung der Beleuchtungsebene zu erhalten. Auch dies ist konstruktiv aufwendig und führt zu relativ hohen Herstellkosten des Barcodelesegerätes.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß mit möglichst geringem Kostenaufwand Fehldetektionen aufgrund einer mangelhaften Beleuchtung des Objekts vermieden werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungsgemäß ist im Strahlengang der Sendelichtstrahlen ein Filter mit räumlich veränderlichem Transmissionskoeffizienten angeordnet, wobei die Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten an ein in einer Beleuchtungsebene angeordnetes Objekt mit homogener Oberfläche so angepaßt ist, daß mit den vom Objekt zurückreflektierten Empfangslichtstrahlen eine homogene Ausleuchtung der

Empfangelemente erhalten wird.

Durch das Filter wird auch eine im wesentlichen homogene Ausleuchtung der Beleuchtungsebene realisiert.

Erfindungsgemäß ist die Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten des Filters so gewählt, daß die Ausleuchtung in der Beleuchtungsebene nicht vollständig gleichförmig ist. Vielmehr wird über die Variation des Transmissionskoeffizienten zusätzlich der Strahlengang der Empfangslichtstrahlen zum Empfangselement derart berücksichtigt, daß durch ein Objekt mit homogener Oberfläche in der Beleuchtungsebene eine homogene Ausleuchtung der Empfangselemente des Empfängers erhalten wird, wobei der Empfänger vorzugsweise von einem CCD-Element gebildet ist.

Somit wird mittels des Filters zum einen eine nahezu homogene Ausleuchtung der Beleuchtungsebene erreicht, ohne daß eine Vielzahl von Sendern vorgesehen werden muß und ohne daß dem Sender eine Sendeoptyk nachgeordnet werden muß.

Zudem werden mittels des Filters Unregelmäßigkeiten der Ausleuchtung des Empfängers infolge der Abbildungscharakteristik der Empfangslichtstrahlen kompensiert.

Schließlich ist vorteilhaft, daß das Filter beispielsweise in Form einer Graukeil-Folie kostengünstig herstellbar ist und auf einfache Weise in der Vorrichtung eingebaut werden kann.

Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** Längsschnitt durch einen Ausschnitt einer optoelektronischen Vorrichtung mit zwei nebeneinanderliegend angeordneten Sendern und einem diesen nachgeordneten Filter.

**Fig. 2** Querschnitt durch Vorrichtung gemäß **Fig. 1** mit einem in Abstand zu den Sendern angeordneten Empfänger.

**Fig. 3** Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten für das Filter gemäß den **Fig. 1** und **2**.

In den **Fig. 1** und **2** ist jeweils ein Ausschnitt einer optoelektronischen Vorrichtung **1** zur Erfassung von Objekten dargestellt. Die Vorrichtung kann beispielsweise von einem optischen Distanzsensor, einem bildverarbeitenden Sensor oder dergleichen gebildet sein. Die Vorrichtung weist wenigstens einen Sendelichtstrahlen **2** emittierenden Sender **3** sowie einen Empfangslichtstrahlen **4** empfangenden Empfänger **5** auf. Dabei weist der Empfänger **5** mehrere Empfangselemente auf, welche vorzugsweise flächig in einer Ebene oder in einer Linearanordnung in vorgegebenem Abstand zum Sender **3** angeordnet sind.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die optoelektronische Vorrichtung **1** als Barcodelesegerät ausgebildet.

Dieses Barcodelesegerät weist zwei Sender **3** auf, welche beispielsweise von Leuchtdioden gebildet sind. Der Empfänger **5** ist als zeilenförmiges CCD-Element ausgebildet, so daß die einzelnen nicht dargestellten photoempfindlichen Empfangselemente in Längsrichtung des Empfängers **5** hintereinander angeordnet sind.

Wie aus den **Fig. 1** und **2** ersichtlich ist, ist der Empfänger **5** in Abstand neben den Sendern **3** angeordnet, wobei die Längsachse des CCD-Elements parallel zur Verbindungslinie der Sender **3** verläuft. Die Sender **3** und der Empfänger **5** sind dabei in einer Ebene liegend auf einer Leiterplatte **6** angeordnet. Über diese Leiterplatte **6** sind die Sender **3** und der Empfänger **5** an eine nicht dargestellte Auswerteeinheit angeschlossen, welche von einem Mikroprozessor oder dergleichen gebildet ist.

Mit den von den Sendern **3** emittierten Sendelichtstrahlen **2** wird eine Beleuchtungsebene **B** in vorgegebenem Abstand zum Barcodelesegerät ausgeleuchtet. An einem in der Beleuchtungsebene angeordneten Barcode **7** werden die Sen-

delichtstrahlen 2 reflektiert und als Empfangslichtstrahlen 4 auf das CCD-Element geführt.

Der Barcode 7 weist entlang seiner Längsachse als Kontrastmuster eine Anzahl von nicht dargestellten alternierend angeordneten, weißen und schwarzen Strichelementen auf. Der Barcode 7 ist so in der Beleuchtungsebene B angeordnet, daß dessen Kontrastmuster vollständig von den Sendelichtstrahlen 2 erfaßt wird. Die auf den Empfänger 5 auftreffenden Empfangslichtstrahlen 4 weisen somit eine räumliche Modulation der Strahlamplituden auf, welche dem Kontrastmuster des Barcodes 7 entspricht. Dementsprechend variieren auch die Ausgangssignale an den Empfangselementen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Ausgangssignale am CCD-Element von unterschiedlichen Grauwerten gebildet.

In der Auswerteeinheit wird anhand dieser Grauwertverteilung das Kontrastmuster des Barcodes 7 erfaßt. Insbesondere wird die Grauwertverteilung mit einem geeignet gewählten Schwellwert bewertet, so daß aus der Grauwertverteilung eine binäre Signalfolge gewonnen wird, welche die Struktur der Strichelemente des Barcodes 7 wiedergibt.

Um eine möglichst sichere und fehlerfreie Dekodierung der Barcodes 7 zu erreichen, ist es notwendig, daß mit den Sendelichtstrahlen 2 die Beleuchtungsebene B und mit den Empfangslichtstrahlen 4 der Empfänger 5 möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet wird.

Erfindungsgemäß ist hierzu den beiden Sendern 3 ein Filter 8 nachgeordnet, welches von den Sendelichtstrahlen 2 durchsetzt wird. Die das Filter 8 durchdringenden Sendelichtstrahlen 2 werden dann von dem Barcode 7 in der Beleuchtungsebene B reflektiert, durchsetzen als Empfangslichtstrahlen 4 eine Empfangsoptik 9 und werden über diese zum Empfänger 5 geführt.

Zur Trennung der Sende- 2 und Empfangslichtstrahlen 4 innerhalb des Barcodelesegerätes ist eine Abschirmung 10 vorgesehen, welche beispielsweise von einem lichtundurchlässigen Kunststoffteil gebildet ist. Diese Abschirmung 10 erstreckt sich über die gesamte Länge des Empfängers 5. Dabei mündet die Abschirmung 10 an der Oberseite der Leiterplatte 6 aus und verläuft geringfügig geneigt zur Vertikalen zwischen den Sendern 3 und den Empfängern 5. Am oberen Rand der Abschirmung 10 ist an einer ersten Halterung 11 die Empfangsoptik 9 befestigt. An einer zweiten Halterung 12 am oberen Rand der Abschirmung 10 ist das Filter 8 befestigt.

Das Filter 8 besteht im wesentlichen aus einer rechteckförmigen dünnen Folie aus Kunststoff, der für die Sendelichtstrahlen 2 nur teilweise durchlässig ist. Die Fläche des Filters 8 ist an den Strahlquerschnitt der von den Sendern 3 emittierten Sendelichtstrahlen 2 angepaßt. Die Folie ist in der Halterung 12 horizontal gelagert, so daß die Sendelichtstrahlen 2 auf diesen in einem Winkel von nahezu 90° auftreffen.

Die Empfangsoptik 9 ist ebenfalls horizontal ausgerichtet und besteht aus einer Linse. Die Abmessungen der Linse sind an den Strahldurchmesser der Empfangslichtstrahlen 4 angepaßt.

Der Transmissionskoeffizient des Filters 8 variiert in Richtung der Verbindungslinie der beiden Sender 3. Dagegen ist der Transmissionskoeffizient in der senkrecht hierzu verlaufenden Richtung konstant. Das Filter 8 besteht vorzugsweise aus einer Graukeil-Folie, wobei Segmente mit starker Schwärzung zu einer starken Abschwächung der Sendelichtstrahlen 2 führen und nahezu transparente Segmente von den Sendelichtstrahlen 2 nahezu ohne Abschwächung durchsetzt werden.

Erfindungsgemäß ist die Ortsabhängigkeit der Schwärzung der Folie so gewählt, daß bei einem in der Beleuch-

tungsebene B angeordneten Objekt mit homogener, insbesondere einfarbiger und ebener Oberfläche durch die von diesem Objekt auf den Empfänger 5 zurückreflektierten Empfangslichtstrahlen 4 eine homogene Ausleuchtung der Empfangselemente des Empfängers 5 erhalten wird.

Die entsprechende Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten des Filters 8 läßt sich aus den optischen Parametern des Barcodelesegerätes, insbesondere der Abstrahlcharakteristik der Sender 3 und den Strahlverläufen der Sende- 2 und Empfangslichtstrahlen 4, berechnen.

Für den vorliegenden Fall ergibt sich die Ausleuchtung  $P_{E(x)}$  des Empfängers 5 gemäß folgender Beziehung:

$$P_{E(x)} = (I_{S1(x)} \cdot T_{(x)} \cdot f_{S1(x)} + I_{S2(x)} \cdot T_{(x)} \cdot f_{S2(x)}) \cdot P_{(x)}$$

wobei mit  $x$  die Richtung in Längsrichtung des Empfängers 5 bezeichnet ist.

$I_{S1(x)}$  und  $I_{S2(x)}$  stellen die Abstrahlcharakteristiken der Sender 3 dar, wobei diese typischerweise eine näherungsweise gaußförmige Strahlcharakteristik aufweisen.

$T_{(x)}$  ist der ortsabhängige Transmissionskoeffizient des Filters 8.

Die Funktionen  $f_{S1(x)}$  und  $f_{S2(x)}$  geben die geometrischen Verläufe der von den Sendern 3 in Richtung des Objekts emittierten Sendelichtstrahlen 2 an. Insbesondere sind in den Funktionen  $f_{S1(x)}$  und  $f_{S2(x)}$  der Abstand zwischen den Sendern 3, die Abstände des Filters 8 zu den Sendern 3 sowie der Abstand des Filters 8 zu der Beleuchtungsebene B als Parameter enthalten.

Die Funktion  $P_{(x)}$  berücksichtigt den Strahlverlauf der vom in der Beleuchtungsebene B angeordneten Objekt zum Empfänger 5 zurückreflektierten Empfangslichtstrahlen 4 und damit auch die Abbildungseigenschaften der Empfangsoptik 9.

Da der Transmissionskoeffizient  $T_{(x)}$  so zu wählen ist, daß auf dem Empfänger 5 eine homogene Ausleuchtung erhalten wird, ist in der oben genannten Beziehung  $P_{E(x)}$  als Konstante anzusetzen:

$$P_{E(x)} = P_E.$$

Damit ist der Transmissionskoeffizient  $T_{(x)}$  eindeutig festgelegt. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wird als Ergebnis für  $T_{(x)}$  der in Fig. 3 dargestellte Verlauf erhalten.

Die Mitte des Filters 8 liegt dabei bei  $x = 0$ , während die längsseitigen äußeren Ränder bei  $x_0$  und  $-x_0$  liegen.

Durch die symmetrische Anordnung der Sender 3 und des Empfängers 5 relativ zum Mittelpunkt des Filters 8 ist auch der Verlauf von  $T_{(x)}$  symmetrisch zum Mittelpunkt bei  $x = 0$ . In den Randbereichen bei  $x_0$  und  $-x_0$  ist der Transmissionskoeffizient sehr hoch und liegt bei Werten von etwa 0,7. Zur Mitte hin nimmt die Schwärzung des als Graukeil-Folie ausgebildeten Filters 8 kontinuierlich zu, so daß bei  $x = 0$  die maximale Abschwächung der Sendelichtstrahlen 2 erfolgt. Der Wert  $T_{(x=0)}$  beträgt etwa 0,2.

Durch diese Wahl der Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten  $T_{(x)}$  wird eine homogene Ausleuchtung der Empfangselemente des Empfängers 5 erhalten. Durch den Abbildungsfaktor  $P_{(x)}$  entstehen nur geringfügige Korrekturen beim Transmissionskoeffizienten, da durch die direkte Strahlführung der Empfangslichtstrahlen 4 zum Empfänger 5 die Funktion  $P_{(x)}$  nur eine schwache Ortsabhängigkeit aufweist. Demzufolge wird mittels der erfindungsgemäßen Wahl der Ortsabhängigkeit des Filters 8 auch eine nahezu homogene Ausleuchtung eines Barcodes 7 in der Beleuchtungsebene B erhalten.

## Bezugszeichenliste

1 Optoelektronische Vorrichtung	
2 Sendelichtstrahlen	
3 Sender	5
4 Empfangslichtstrahlen	
5 Empfänger	
6 Leiterplatte	
7 Barcode	
8 Filter	10
9 Empfangsoptik	
10 Abschirmung	
11 erste Halterung	
12 zweite Halterung	
B Beleuchtungsebene	15

## Patentansprüche

1. Optoelektronische Vorrichtung zur Erfassung von Objekten mit wenigstens einem Sendelichtstrahlen emittierenden Sender und einem Empfangslichtstrahlen empfangenden Empfänger mit mehreren Empfangselementen, welche in vorgegebenem Abstand zueinander angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Strahlengang der Sendelichtstrahlen (2) ein Filter (8) mit räumlich veränderlichem Transmissionskoeffizient angeordnet ist, wobei die Ortsabhängigkeit des Transmissionskoeffizienten an ein in einer Beleuchtungsebene angeordnetes Objekt mit homogener Oberfläche so angepaßt ist, daß mit den vom Objekt zurückreflektierten Empfangslichtstrahlen (4) eine homogene Ausleuchtung der Empfangselemente erhalten wird.
2. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diese von einem Barcodelesegerät gebildet ist.
3. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfänger (5) von einem zeilenförmigen CCD-Element gebildet ist.
4. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß diese zwei Sender (3) aufweist, wobei die Verbindungslinie zwischen den Sendern (3) parallel zur Längsachse des den Sendern (3) gegenüberliegenden CCD-Elements verläuft.
5. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Trennung der Sendelichtstrahlen (2) und Empfangslichtstrahlen (4) zwischen den Sendern (3) und deren Empfänger (5) eine Abschirmung (10) vorgesehen ist.
6. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Transmissionskoeffizient des Filters (8) längs einer Geraden, welche parallel zur Verbindungslinie zwischen den Sendern (3) verläuft, verändert.
7. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (8) in Form einer Graukeil-Folie ausgebildet ist.
8. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Empfänger (5) eine Empfangsoptik (9) vorgeordnet ist.
9. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangsoptik (9) und das Filter (8) beidseits der Abschirmung (10) an deren oberem Rand angeordnet sind.
10. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung des Filters (8) die räumliche Variation des Transmissionskoeffizienten des Filters (8) bei vorgege-

bener Ausleuchtung des Empfängers (5) aus der Abstrahlcharakteristik des Senders (3) oder der Sender (3) und den Strahlverläufen der Sendelichtstrahlen (2) und Empfangslichtstrahlen (4) berechnet wird.

11. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausleuchtung des Empfängers (5)  $P_E$  durch die Beziehung

$$P_E = (I_{S1(x)} \cdot T_{(x)} \cdot f_{S1(x)} + I_{S2(x)} \cdot T_{(x)} \cdot f_{S2(x)} + \dots) \cdot P_{(x)}$$

gegeben ist, wobei

$I_{S1(x)}$ ,  $I_{S2(x)}$ , ... die Abstrahlcharakteristiken der einzelnen Sender (3) sind,

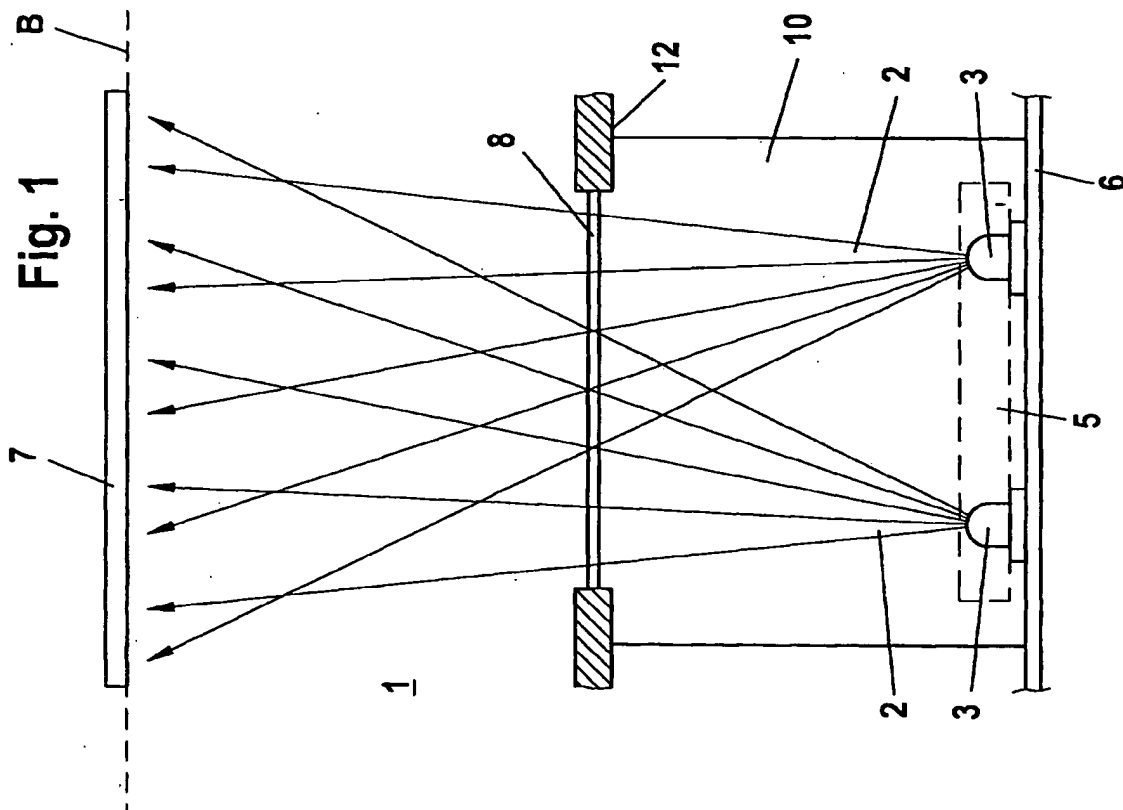
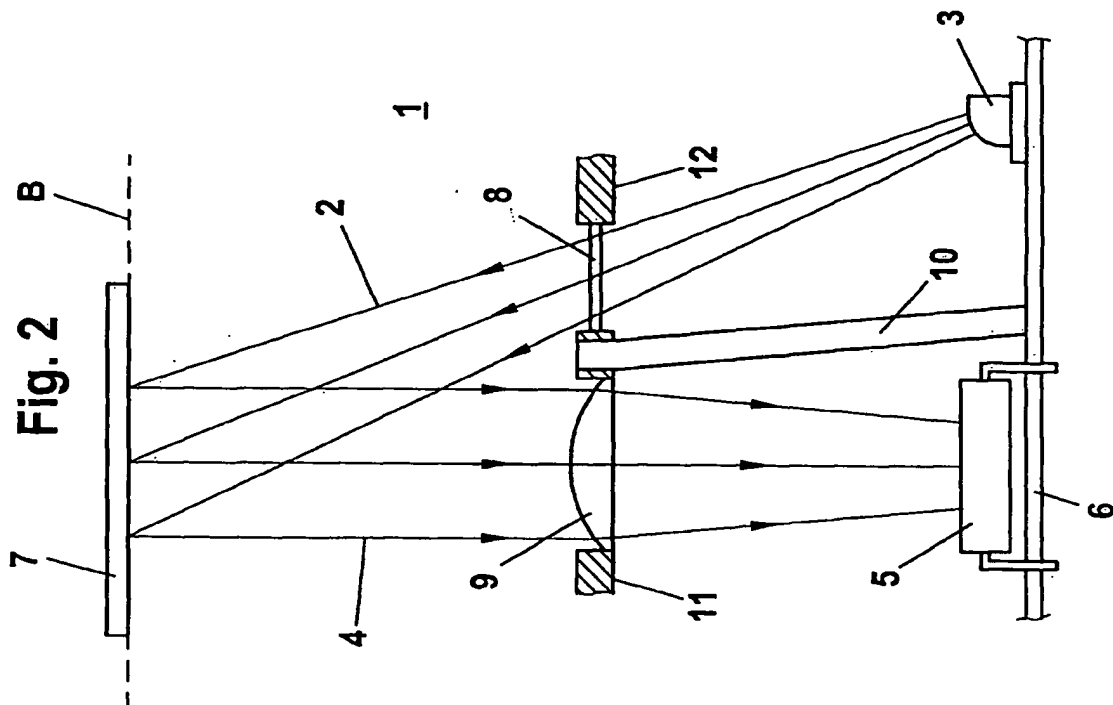
die  $f_{S1(x)}$ ,  $f_{S2(x)}$  ... geometrischen Verläufe der zum Objekt geführten Sendelichtstrahlen (2),

$P_{(x)}$  den Strahlverlauf der vom Objekt zum Empfänger (5) geführten Empfangslichtstrahlen (4) berücksichtigt, und wobei  $T_{(x)}$  den ortsabhängigen Transmissionskoeffizienten des Filters (8) bildet.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



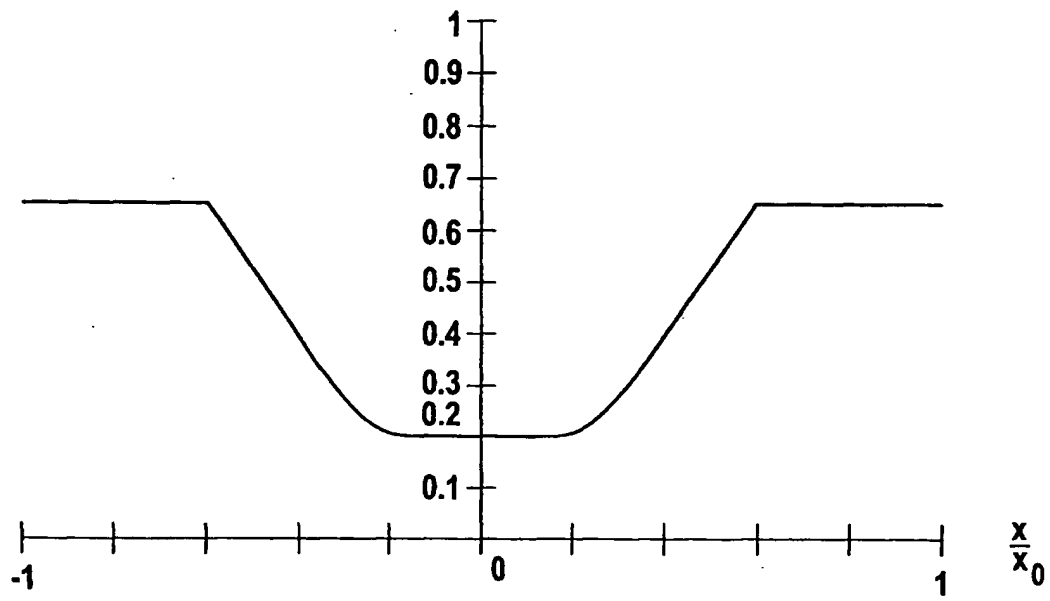


Fig. 3

DERWENT-ACC-NO: 1990-100785  
DERWENT-WEEK: 199014  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Anti-collision system for autonomous transport  
vehicle - uses light  
curtain illuminating vehicle path and camera scanning  
illuminated area

INVENTOR: KUGLER, H P; SINN, F ; STEIMLE, C

PATENT-ASSIGNEE: FRAUNHOFER GES FOERDERUNG  
ANGEWANDTEN[FRAU], FRAUNHOFER-GES  
FORD ANGE[FRAU]

PRIORITY-DATA: 1988DE-3833022 (September 29, 1988)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
EP 361188 A	April 4, 1990	G
010	N/A	
DE <u>3833022</u> A	April 5, 1990	N/A
000	N/A	
DE <u>3833022</u> C	January 23, 1992	N/A
000	N/A	
DE 58908038 G	August 18, 1994	N/A
000	G01S 017/88	
EP 361188 B1	July 13, 1994	G
012	G01S 017/88	

DESIGNATED-STATES: CH DE FR GB LI CH DE FR GB LI

CITED-DOCUMENTS: 1.Jnl.Ref; A3...199039 ; EP 170038 ; GB  
2151872 ; JP 60011186  
; No-SR.Pub ; US 3781111 ; US 4119379 ; US 4184748 ; GB  
170038

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
EP 361188A	N/A	1989EP-0116759
September 9, 1989		



DE 3833022A	N/A	1988DE-3833022
September 29, 1988		
DE 58908038G	N/A	1989DE-0508038
September 9, 1989		
DE 58908038G	N/A	1989EP-0116759
September 9, 1989		
DE 58908038G	Based on	EP 361188
N/A		
EP 361188B1	N/A	1989EP-0116759
September 9, 1989		

INT-CL (IPC): B60K028/00; G01S007/48 ; G01S017/88 ;  
G08G001/16

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3833022C

BASIC-ABSTRACT: The anti-collision system uses a light curtain (4) directed downwards at an angle in front of the vehicle with the illuminated area of ground scanned via a camera (8) mounted on the vehicle (1). The camera (8) is coupled to an evaluation circuit for detecting an obstacle in the vehicle path, to provide a control signal for cut-out of the vehicle drive.

Pref. the light curtain (4) is provided by a cylindrical lens with a laser on each side of its diagonal plane. This is positioned symmetrically at an acute angle to the symmetry axis of the lens.

ADVANTAGE - Allows emergency stopping of vehicle when obstacle is detected.

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 361188A

EQUIVALENT-ABSTRACTS: The method is for automatic vehicles, without drivers.

The carriageway of the vehicle is illuminated in front of it and the reflected light is detected in order to produce control ' commands. The carriageway or road and any obstacle are surveyed by a light curtain, incident on the ground in front of the vehicle and stretching across the road at right angles to the direction of the vehicle. A sudden change in the amount of

the light reflected  
can be detected and evaluated. USE/ADVANTAGE - The  
advantage is the  
reliability with which an obstacle can be recognised even  
at great distance and  
irrespective of the material and shape, and the vehicle  
stopped. It is  
suitable for stores and warehouses.

EP 361188B

Method for protecting a vehicle against collisions, in  
which the route in front  
of the vehicle is illuminated by a laser light source and  
the reflected light  
is detected for producing control instructions,  
characterised in that onto the  
ground, in front of the vehicle, is directed a light  
curtain (4) impacting in  
an impact line (7) extending with an extension component  
transversely to the  
direction of travel and that the impact area is observed by  
means of a camera  
(8).

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/5 Dwg.1/5 Dwg.1/5

TITLE-TERMS:

ANTI COLLIDE SYSTEM AUTONOMOUS TRANSPORT VEHICLE LIGHT  
CURTAIN ILLUMINATE  
VEHICLE PATH CAMERA SCAN ILLUMINATE AREA

DERWENT-CLASS: Q13 W06 X25

EPI-CODES: W06-A06A; X25-F05A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1990-077907



⑦1 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

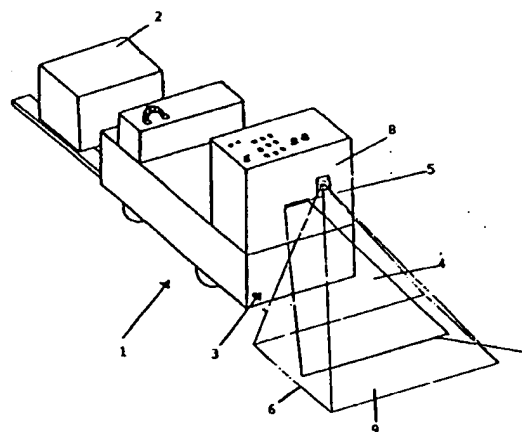
⑦4 Vertreter:  
Lichti, H., Dipl.-Ing.; Lempert, J., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 7500 Karlsruhe

⑦2 Erfinder:  
Kugler, Hans-Peter, 7519 Zaisenhausen, DE; Sinn,  
Frank, 7507 Pfinztal, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Schutz eines Fahrzeugs gegen Kollisionen und kollisionsgeschütztes Fahrzeug

Die Erfindung schlägt zum Schutz eines Fahrzeugs gegen Kollisionen vor, daß der Fahrweg des Fahrzeugs vor diesem durch einen von dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichteten Lichtvorhang beleuchtet wird, der auf den Boden in einer sich im wesentlichen quer zur Fahrtrichtung erstreckenden Auftrefflinie auftrifft, daß die Auftrefflinie vom Fahrzeug aus überwacht wird und daß bei Unterbrechungen oder Versatz von Linienbereichen der Antrieb des Fahrzeugs einen Steuerbefehl erhält. Ein entsprechendes zu schützendes Fahrzeug ist ausgerüstet durch einen auf dem Fahrzeug (1) angeordneten Laser (12), dessen Strahl zumindest nach Austritt aus dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichtet ist, durch eine im Laserstrahl (4) exzentrisch zu diesem angeordnete vollzylindrische Linse und durch eine den Auftrefflinienbereich des Laserlichts (4) auf einen Boden (9) überwachende Kamera (8) sowie durch eine Auswerteeinheit (10).



Figur 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schutz eines Fahrzeugs gegen Kollisionen sowie ein kollisionsgeschütztes, insbesondere fahrerloses Fahrzeug mit einer Kollisionsschutteinrichtung.

Der klassische Kollisionsschutz für automatisierte Transportfahrzeuge ist ein Auffahrbügel. Berührt dieser ein Hindernis, so wird ein Endschalter betätigt und das Fahrzeug durch einen Notstop zum Stillstand gebracht. Eine Weiterbildung dieses "Notstop-Prinzips" sieht eine Lichtleiter aus einem Glasfaserkern mit hohem Brechungsindex sowie einem Mantel mit geringerem Brechungsindex vor. Um den Leiter kann eine Kunststoffspirale gewickelt sein. Wird ein Druck auf diese ausgeübt, so bewirkt dies eine schlangenförmige Krümmung des Leiters, so daß schon bei geringer Verformung der größte Teil des in den Lichtwellenleiter eingespeisten Lichts verlorengeht, da der Grenzwinkel der Totalreflexion unterschritten wird, so daß Licht den Leiter verlassen kann. Erhält derart eine an einem Ende des Lichtleiters angebrachte Auswertelektronik weniger Licht, so wird hierdurch der Antrieb des Fahrzeugs abgeschaltet. Es wurde weiterhin ein Kollisionsschutz mit zwei durch eine gelochte elastische Isolierschicht getrennten leitfähigen Folien in einer Ummantelung vorgeschlagen. Bei Druckeinwirkung berühren sich die beiden Folien, so daß von der einen zur anderen Folie ein Arbeitsstrom fließen kann, was durch eine Auswertelektronik zum Stillsetzen des Fahrzeugs ausgewertet wird.

Alle diese Vorrichtungen werden erst bei Auftreffen des Fahrzeugs auf ein Hindernis wirksam und erfordern ein sofortiges Stillsetzen des Fahrzeugs mittels eines "Notstops". Empfindliche Hindernisse können beschädigt werden. Auch kann bei einem "Notstop" empfindliche Ladung auf dem Fahrzeug verrutschen oder ebenfalls beschädigt werden.

Es wurde weiterhin schon vorgeschlagen, mit einem Ultraschallsender und -empfänger zu arbeiten. Dieses Meßverfahren ist aber fehleranfällig und von der Art und insbesondere des Werkstoffs des Hindernisses abhängig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, welches auf größere Entfernung hin zuverlässig ein Hindernis, unabhängig von dessen Art und Werkstoff, zu erkennen und das Fahrzeug rechtzeitig und stetig stillzusetzen gestattet.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe durch ein Verfahren zum Schutz eines Fahrzeugs gegen Kollisionen gelöst, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß der Fahrweg des Fahrzeugs vor diesem durch einen von dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichteten Lichtvorhang beleuchtet wird, der auf den Boden in einer sich im wesentlichen quer zur Fahrtrichtung erstreckenden Auftrefflinie auftritt, daß die Auftrefflinie vom Fahrzeug aus überwacht wird und daß bei Unterbrechungen oder Versatz von Linienbereichen der Antrieb des Fahrzeugs einen Steuerbefehl erhält. Ein erfindungsgemäßes kollisionsgeschütztes Fahrzeug ist dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Fahrzeug mindestens ein Laser bzw. daß eine vollzylindrische Linse exzentrisch zu dem Laserstrahl bzw. den Laserstrahlen im Laserlicht angeordnet ist; daß das aus der vollzylindrischen Linse austretende Licht zumindestens nach Austritt aus dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichtet ist und daß eine den Auftrefflinienbereich des Laserlichts auf einen Boden überwachende Kamera sowie eine mit dieser verbundene Auswerteeinheit vorgesehen sind.

Die Erfindung sieht die Erzeugung eines schräg auf den Boden vor dem Fahrzeug gerichteten Lichtvorhangs vor, der auf dem Boden im wesentlichen in einer quer zur Fahrtrichtung verlaufenden Linie auftritt. Die Linie kann teibogenförmig geführt sein, um so unabhängig vom Beobachtungswinkel relativ zur Fahrtrichtung den gleichen Abstand der Auftrefflinie zum Fahrzeug zu erreichen. Die Auftrefflinie wird durch eine Videokamera beobachtet. Befindet sich im Beobachtungsbereich ein dunkler Gegenstand, so wird die Linie an seiner Stelle unterbrochen. Befindet sich ein heller, lichtreflektierender Gegenstand im Fahrweg, so ergibt sich ein Versatz des von diesem reflektierten Bereichs des Lichtvorhangs gegenüber der Auftrefflinie des Lichtvorhangs auf dem Boden. Beide Fälle werden mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens festgestellt und können zu einer Steuerung, insbesondere einer Stillsetzung des Fahrzeugs genutzt werden.

Die Eigensicherheit des erfindungsgemäßen Vorgehens ist dadurch gewährleistet, daß bei Ausfall der Lichtquelle ebenso wie der Kamera die Auswertelektronik kein (ungestörtes) Signal erhält; in diesem Fall kann der Antrieb des Fahrzeugs angehalten werden. Aufgrund einer Dejustierung von Senderoptik oder Empfänger erfolgt eine Verschiebung des von der Kamera aufgenommenen Auftreffbereichs des Lichts gegenüber einem vorgegebenen Bereich, was ebenfalls dazu genutzt werden kann, den Antrieb des Fahrzeugs nicht in Betrieb zu setzen bzw. stillzusetzen.

Wird in bevorzugter Ausgestaltung eine Laserdiode verwendet, die insbesondere im Hinblick auf sicherheitstechnische Anforderungen eine gewünschte geringe Leistung enthält, so kann weiterhin in bevorzugter Ausgestaltung vorgesehen sein, daß eine zwischen Laserdiode und vollzylindrischer Linse angeordnete Fokussierlinse eine Zylindersammellinse ist. Eine bogenförmige Ausgestaltung der Auftrefflinie des Lichtvorhangs auf dem Boden kann dadurch erreicht werden, daß die vollzylindrische Linse unter einem Winkel von ungleich 90 Grad zum auf sie auftreffenden Laserstrahl ausgerichtet wird.

Wenn von einer vollzylindrischen Linse gesprochen wird, so ist damit nicht gemeint, daß diese vollständig massiv ausgebildet ist, sondern daß die Linse im Gegensatz zu herkömmlichen Zylindersammellinsen einen vollen Zylinder bildet. Sie kann in bevorzugter Ausgestaltung derart ausgebildet sein, daß die vollzylindrische Linse ein Hohlrohr wie ein zylindrisches Glasröhrchen ist. Bevorzugte Ausgestaltungen sehen vor, daß jeweils ein Laser auf jeder Seite einer Diagonalebene der vollzylindrischen Linse angeordnet ist, daß die Laser symmetrisch zur Diagonalebene der Linse angeordnet sind und daß die Laser unter dem gleichen Winkel zur Symmetrieachse der Linse ausgerichtet sind.

Um den fremdlichen Einfluß vollständig auszuschalten, kann gegebenenfalls in bevorzugter Ausgestaltung vorgesehen sein, daß der Laser getaktet ist.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

Fig. 1 Eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäß ausgerüsteten Fahrzeugs;

Fig. 2 eine Seitenansicht der Anordnung und Ausrichtung der erfindungswesentlichen Beleuchtungs- und Aufnahmeteile;

Fig. 3 eine Aufsicht entsprechend dem Pfeil III der

Fig. 2;

Fig. 4a bis b Bildschirm- und Oszilloskopdarstellungen des von der Kamera gem. Fig. 2 aufgenommenen Bildes ohne und mit Stirnenobjekten; und

Fig. 5 ein Schaltbild der Auswerteeinheit.

Fig. 1 zeigt schematisch ein fahrerloses Fahrzeug, wie es in Lagern, Lagerhallen oder dergleichen eingesetzt wird. Es handelt sich dabei beispielsweise um ein Förderfahrzeug, das in einem Lager entlang der dort gegebenen Lagerstraßen zwischen Be- und Entladeplätzen verfährt und Lagergut 2 von und zu Lagerplätzen transportiert. Gegebenenfalls kann dabei das Fahrzeug 1 in bekannterweise zweiteilig, nämlich als Hauptförderfahrzeug mit abtrennbarem Satellitenfahrzeug ausgebildet sein.

Das Fahrzeug 1 weist an seiner Vorderseite 3 eine Beleuchtungseinheit auf, die einen Lichtvorhang 4 erzeugt, der aus einem Lichtaustritt 5, wie einem Schlitz an der Vorderseite des Fahrzeugs austritt und schräg auf den Boden 6, auf dem das Fahrzeug fährt, gerichtet ist und auf diesen in einer Linie 7 auftrifft.

Der Lichtvorhang 4 muß nicht, wie im dargestellten Ausführungsbeispiel, eine Schrägebene sein, die in einer geraden Auftrefflinie 7 auf den Boden 6 auftrifft. Der Lichtvorhang kann auch kegelteilmäßig gekrümmt sein und entsprechend in einer, vom Fahrzeug aus betrachtet, konkaven Linie auf dem Boden aufreffen.

Der Bereich der Auftrefflinie 7 des Lichtvorhangs 4 auf dem Boden 6 wird durch eine ebenfalls in der Vorderseite 3 des Fahrzeugs angeordnete Kamera 8 überwacht, die ebenfalls schräg auf den Boden gerichtet ist und einen Überwachungsbereich 9 beobachtet, der die Auftrefflinie 7 des Lichtvorhangs 4 einschließt. Vor der Kamera 8 kann vorzugsweise ein Filter, wie ein Interferenzfilter angeordnet sein, welcher nur Licht der Wellenlänge des Lichtsenders durchläßt, um so störendes Umgebungslicht weitgehend auszufiltern und das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.

Die Beleuchtungseinheit 11 weist im dargestellten Ausführungsbeispiel einen Laser 12, vorzugsweise eine Halbleiter-Laserdiode auf, der bzw. die unter einem spitzen Winkel schräg zur Bodenfläche 6, auf der das Fahrzeug 1 verfährt, gerichtet ist (Fig. 2). Vor dem Laser 12 ist ein transparentes Röhrchen 13, insbesondere Glasröhrchen angeordnet, dessen Achse 14 senkrecht zur Achse des Laserstrahls 15 steht und in einer Ebene senkrecht zur Bodenfläche 6 liegt. Hierdurch wird der ebene Lichtvorhang 4 und die gerade Auftrefflinie 7 gebildet. Durch eine vom rechten Winkel abweichende Anstellung des Röhrchen 13 gegenüber der Laserstrahlrichtung 15 kann ein teilkegelförmiger Lichtvorhang und damit eine bogenförmige Auftrefflinie erzeugt werden.

Zwischen Laser 12 und Röhrchen 13 ist eine Fokussierungslinse in Form einer Zylindersammellinse 16 angeordnet, die den Laserstrahl auf die Oberfläche des Röhrchen fokussiert. Die größte Breitenerstreckung des aus der Laserdiode austretenden kollimierten Laserstrahls liegt dabei gegebenenfalls parallel zum Boden 6. Die Achse der Zylindersammellinse 16 steht senkrecht zu dieser größten Breitenerstreckung, verläuft also in Richtung der geringeren Höhe des aus der Diode austretenden Strahls 15 (Fig. 2 und 3).

Schließt man an den Ausgang der Kamera einen Monitor bzw. an eine am Ausgangssignal der Kamera 8 ein X- und ein Y-Signal ableitende Verarbeitungseinheit ein Oszilloskop an, so ergeben sich die in den Fig. 4a bis d dargestellten Darstellungen. Hierbei ist zu beachten,

daß die Kamera gegenüber ihrer üblichen Halteposition um ihre optische Achse um 90 Grad verschwenkt angeordnet ist, wodurch die horizontale Auftrefflinie 7 auf dem Boden 6 als vertikale Linie 22 auf dem Bildschirm 21 dargestellt wird (Fig. 4a). Liegt die Linie 7 genau senkrecht zur Verfahrrichtung des Fahrzeugs (und damit die Linie 22 senkrecht auf dem Monitor 21), so stellt das rechts in Fig. 4a oben dargestellte X-Signal der Auswerteeinheit eine konstante Spannung dar. Ein Bildschirmbild ist dabei in der rechten Darstellung der Fig. 4 der Bereich zwischen zwei Spitzen des Vertikalsynchronsignals, das separat auf der dritten Linie jeder Teilfigur 4a bis 4d aufgetragen ist. Das Y-Signal (zweite Linie in den Teilfiguren rechts) stellt bei der gewählten Auswertung (die weiter unten erläutert wird) eine Sägezahnspannung zwischen den Peaks des Vertikalsynchronsignals dar.

Verläuft die Linie 7 schräg zur Verfahrrichtung des Fahrzeugs (Fig. 4b) so stellt auch das X-Signal eine Sägezahnlinie dar.

Befindet sich vor dem Fahrzeug ein dunkler Gegenstand, der verhindert, daß die Linie 7 auf dem Boden 6 vollständig von der Kamera 8 gesehen wird, die Linie 22 auf dem Bildschirm also eine Unterbrechung aufweist (Fig. 4c), so geht der (invertierte) Ausgang der Spannung in den Bereichen (Zeilen des Bildschirm), in denen kein Lichtfleck vorhanden ist, auf den maximalen Spannungspegel (mit 23 bezeichnet). Im Y-Signal wird in diesem Bereich der Wert gehalten, der der Position des letzten, noch erkannten Lichtflecks entspricht: Der Sägezahnanstieg des Y-Signals wird also durch ein Plateau 24 unterbrochen.

Befindet sich im Beobachtungsbereich 9 der Kamera 8 vor der Auftrefflinie des Lichtvorhangs 4 auf dem Boden 6 ein helles, reflektierendes Objekt, so sieht die Kamera einen zur Linie 7 (und deren Bildschirmabbildung 22) in X-Richtung versetzten Teilstrich 26 (Fig. 4d, links), ist im X-Signal ein Einbruch zu erkennen (Fig. 4d, rechts).

Von Vorteil ist der Einsatz eines zweidimensionalen Detektorelements, vorzugsweise wird eine CCD-Kamera eingesetzt. Die durch Lichteinfall erzeugten Ladungen in den einzelnen Zellen einer solchen Kamera werden zeilenweise ausgegeben. Die Taktung erfolgt mittels Horizontal- und Vertikalsynchronsignalen. Die Vertikalsynchronsignale kennzeichnen den Beginn und das Ende eines Bildes, während die Horizontalsynchronsignale Anfang und Ende einer Zeile des Bildsensors kennzeichnen.

Letzteres wird zur Synchronisation eines Spaltenzählers SZ (Fig. 5) benutzt, der wesentlich schneller als die Horizontalfrequenz getaktet wird. Der Beginn eines neuen Bildes wird durch das Vertikalsynchronsignal festgelegt und ein Zeilenzähler ZZ gestartet, der durch das Horizontalsynchronsignal inkrementiert wird, das heißt bei jeder neuen Zeile wird der Zeilenzähler um eine Stufe erhöht.

Die Zähler SZ und ZZ zählen so lange, bis ein Lichtfleck erkannt wird. Das Auftauchen des Lichtflecks bewirkt eine Übernahme des aktuellen Standes in die Register, die den Zählern angeschlossen sind. Der Spaltenzähler SZ gibt dann an, in welcher Spalte der Lichtfleck auftritt, der Inhalt des Zeilenzählers ZZ gibt Aufschluß darüber, in welcher Zeile der Lichtfleck sich befindet. Eine Digital-Analogwandlung der Registerstände hatte als Ergebnis zwei Analogspannungen als X-Signal und Y-Signal mit dem oben unter Bezug auf die Oszilloskopdarstellung gegebenen Verlauf (bei senkrechter unun-

terbrochener Linie bleibt der X-Wert konstant, der Registerinhalt des Zeilenzählers ZZ wird von Zeile zu Zeile größer, wodurch sich die Sägezahnspannung ergibt).

Im Falle einer geraden Lichtspur quer zur Fahrtrichtung genügt im Prinzip ein einzeiliges Detektorelement. Die Lichtspur wird über eine Linse oder ein Linsensystem (Objektiv) auf das Detektorelement abgebildet. Ein Kriterium für das Vorhandensein eines Hindernisses ist das Fehlen der Signale einzelner Elemente innerhalb der Detektorzeile. Dies kann besonders einfach über einen Amplitudendiskriminator beim Auslesen der Zeile erkannt und zur Anzeige bzw. zur Betätigung eines Alarms gebracht werden.

Hierbei ist die Abbildung der Lichtspur auf die Detektorzeile etwas größer als die Dicke der Zeilenelemente, was gegebenenfalls durch die optische Anordnung ohne weiteres erreicht werden kann.

Zur korrekten Grundeinstellung der beobachteten Auftrefflinie 7 gehört eine bestimmte Spaltennummer, gegebenenfalls mit einem Toleranzbereich, in der sich der Lichtfleck befinden muß. Wird diese Spaltennummer in einem rückwärts zählenden Spaltenzähler SZ mit "0" belegt, so wird bei Auftreten eines Lichtflecks vor der Normspalte "0" der Zähler gestoppt und der Registerinhalt ausgelesen. Der im Register befindliche Wert entspricht dem X-Abstand, um den der aufgefundene Strahl verschoben ist. Über die Digital-Analogwandlung entsteht das fragliche analoge X-Signal des Ausgangs und dieses weist gegenüber der ungestörten Darstellung entsprechende sprunghafte Änderungen in Form von Einbrüchen 27 auf.

Eine Möglichkeit der Überwachung der Strahlposition in einem vorgegebenen Toleranzbereich kann im Falle einer geraden Lichtspur mit Hilfe einer Verzögerungsschaltung, insbesondere eines Monoflops 31 erfolgen. Es bleibt so lange in seinem instabilen Zustand wie der zeitliche Abstand zwischen Lichtpunkt und zwei aufeinanderbleibenden Zeilen unterhalb der eingestellten Verzögerungszeit bleibt, d.h. so lange entlang der Linie 22 (Fig. 4) das Lichtsignal auftritt. Verzögert sich das Auftreten des Lichtflecks, so kehrt die Schaltung in ihren stabilen Zustand zurück. Dieser Zustandswechsel zeigt damit an, daß sich der Lichtstrahl außer halb seiner vorgegebenen Toleranzgrenzen bewegt oder unterbrochen wird.

Das Abfallen des Monoflops stoppt den Zeilenzähler ZZ, der durch das Horizontalsignal inkrementiert wird. Der Registerinhalt entspricht der Nummer der Zeile, in der der Strahl versetzt oder unterbrochen ist. Der Ausgang wird über einen DigitalAnalogwandler 33 (Fig. 5) in das analoge Y-Signal des Hindernisses umgewandelt.

Durch logische Verknüpfung mittels UND-Gliedern 36 bis 38 der Ausgänge des Monoflops 31 und des Spaltenzählers SZ kann die Art der Störung charakterisiert werden. Liegt im Register des Spaltenzählers SZ ein von "0" verschiedenes Signal — Verschiebung gegenüber der Linie 7, 22 — an, ist aber gleichzeitig das Monoflop mit seinem genannten Ausgang auf Hoch-Pegel, also in seinem instabilen Zustand, so bedeutet dies, daß die Linie 7, 22 zwar durchgehend vorhanden ist (Zustand des Monoflops), sich aber nicht in der vorgegebenen Soll-Position befindet (Inhalt des Spaltenzählers SZ). Die UND-Verknüpfung dieser beiden Bedingungen führt zur Anzeige eines Signals "Grundeinstellung nicht korrekt" über eine Signalleitung 41, mittels deren beispielsweise das Fahrzeug stillgestellt werden kann. Hierdurch ist die Eigensicherheit des erfindungsgemäßen Überwachungsverfahrens gegeben.

Das Anstehen eines von "0" verschiedenen X-Signals im Spaltenzähler, selbst bei gleichzeitigem Niedrig-Pegel des Monoflops, signalisiert einen Versatz im Strahlverlauf (Bild 4d), wenn die Bedingungen gemeinsam erfüllt sind. Dies wird über das UND-Gatter 37 festgestellt und über eine Signalleitung 42 ein entsprechendes Signal ausgegeben.

Ist der Strahl nicht nur versetzt, sondern vollständig unterbrochen, so wird der Spaltenzähler SZ in den entsprechenden Zeilen nicht gestoppt; es steht also auch kein dem X-Signal entsprechender Registerinhalt an. Die Umverknüpfung des negierten X-Signals mit dem Niedrig-Pegel-Ausgang des Monoflops im UND-Gatter 37 ergibt ein Ausgangssignal "Strahlunterbrechung über die Signalleitung 43".

Mit der Schaltung können im Falle einer geraden Lichtspur alle auftretenden Störungsarten analysiert werden; über die Verknüpfung der Zählerinhalte und den Zustand des Monoflops — und die Position des Hindernisses über die gegebenenfalls analog gewandelten Zählerinhalte — festgestellt werden.

Im Falle einer gekrümmten Lichtspur wird der Bildinhalt des Sollverlaufs (=kein Hindernis) mit Hilfe der Zähler SZ und ZZ erfaßt und einmalig abgespeichert. Dadurch steht für jede Zeile ein zugeordneter Sollwert für den Spaltenzähler zur Verfügung. Im Einsatz wird in jedem Bild ein Vergleich der aktuellen Lichtfleckposition im Spaltenzähler mit der zugehörigen Sollposition Zeile für Zeile durchgeführt. Beim Überschreiten der vorgegebenen Toleranzgrenzen (=Hindernis) wird ein Alarm ausgelöst. Diese Art der Signalverarbeitung im Echtzeitbetrieb ist mit einfachsten Mitteln an Hard- und Software möglich; die sonst in der klassischen Bildverarbeitung übliche Merkmalsextraktion geschieht hier bereits durch die Art der Bildaufnahme.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Schutz eines Fahrzeugs gegen Kollisionen, dadurch gekennzeichnet, daß der Fahrweg des Fahrzeugs vor diesem durch einen von dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichteten Lichtvorhang beleuchtet wird, der auf den Boden in einer sich im wesentlichen quer zur Fahrtrichtung erstreckenden Auftrefflinie auftrifft, daß die Auftrefflinie vom Fahrzeug aus überwacht wird und daß bei Unterbrechungen oder Versatz von Linienbereichen der Antrieb des Fahrzeugs einen Steuerbefehl erhält.
2. Kollisionsgeschütztes, insbesondere fahrerloses Fahrzeug mit einer Kollisionsschutzeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Fahrzeug (1) mindestens ein Laser (12) bzw. daß eine vollzylindrische Linse (13) exzentrisch zu dem Laserstrahl bzw. den Laserstrahlen im Laserlicht (4) angeordnet ist; daß das aus der vollzylindrischen Linse (13) austretende Licht zumindestens nach Austritt aus dem Fahrzeug schräg zum Boden hin gerichtet ist und daß eine den Auftrefflinienbereich des Laserlichts (4) auf einen Boden (9) überwachende Kamera (8) sowie eine mit dieser verbundene Auswertereinheit (10) vorgesehen sind.
3. Fahrzeug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Laser (12) unter einem Winkel ungleich 90 Grad zur Symmetrieachse der Linse (13) ausgerichtet sind.
4. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein Laser auf

jeder Seite einer Diagonalebene der vollzylindrischen Linse (13) angeordnet ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser symmetrisch zur Diagonalebene der Linse (13) angeordnet sind.

5

6. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 4 oder 5 und nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser (12) unter dem gleichen Winkel zur Symmetrieachse der Linse (13) ausgerichtet sind.

7. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser eine Laserdioden (12) ist.

8. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Laser (12) und vollzylindrischer Linse (13) eine Fokussierlinse (16) angeordnet ist.

15

9. Fahrzeug nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierlinse (16) eine Zylindersammellinse ist.

10. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die vollzylindrische Linse ein Hohlrohr ist.

20

11. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß Laser (12) und die Kameraempfangsbereitschaft synchron getaktet sind.

25

12. Fahrzeug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Kamera (8) ein elektrooptischer Schalter zum Takten der Kameraempfangsbereitschaft angeordnet ist.

30

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

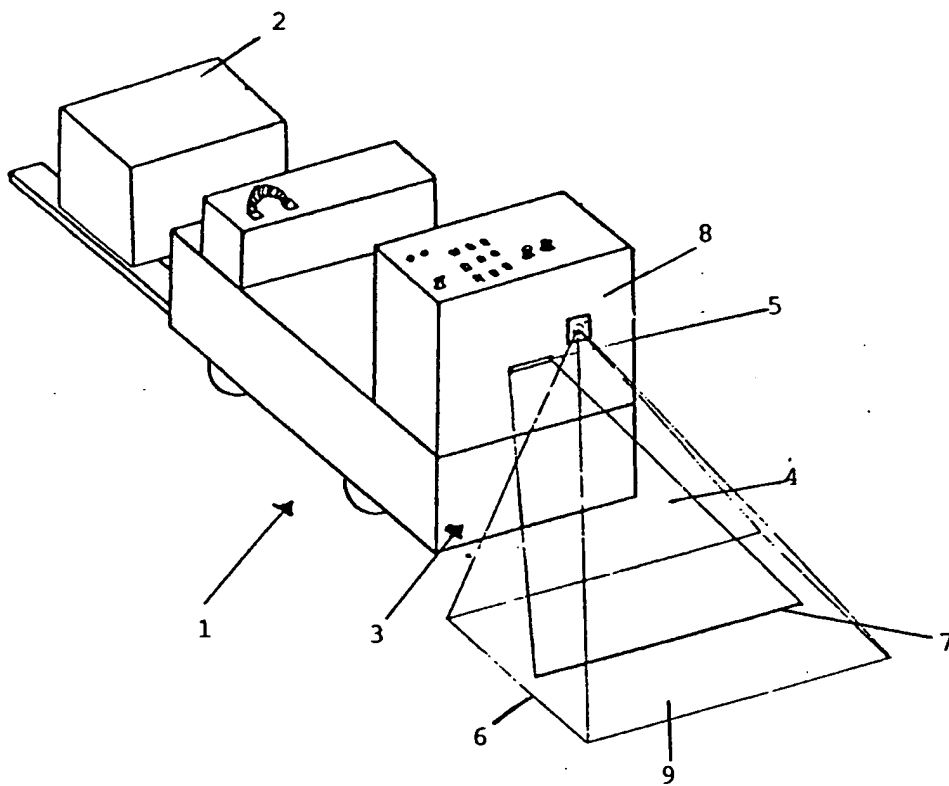
55

60

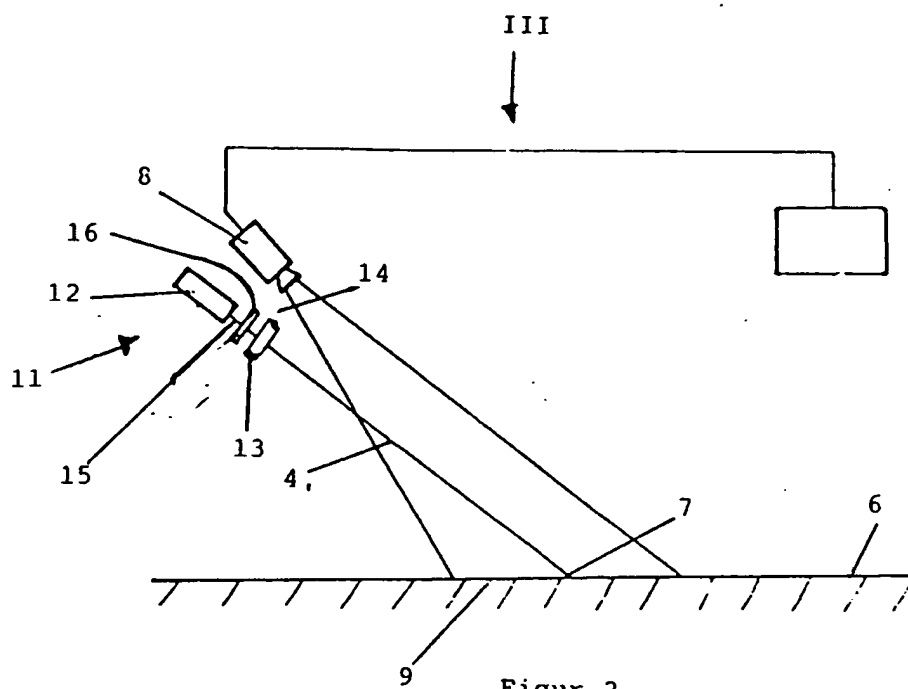
65

— Leerseite —

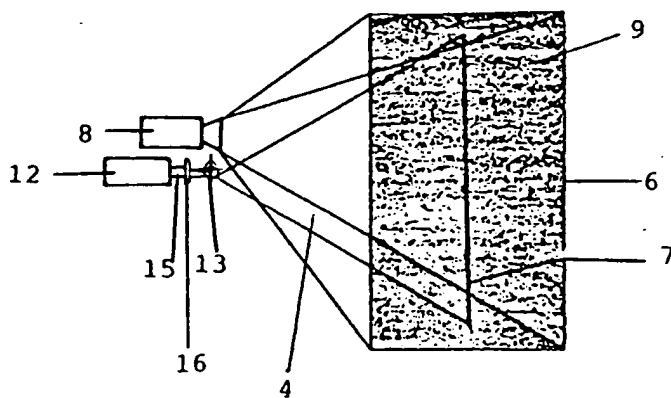




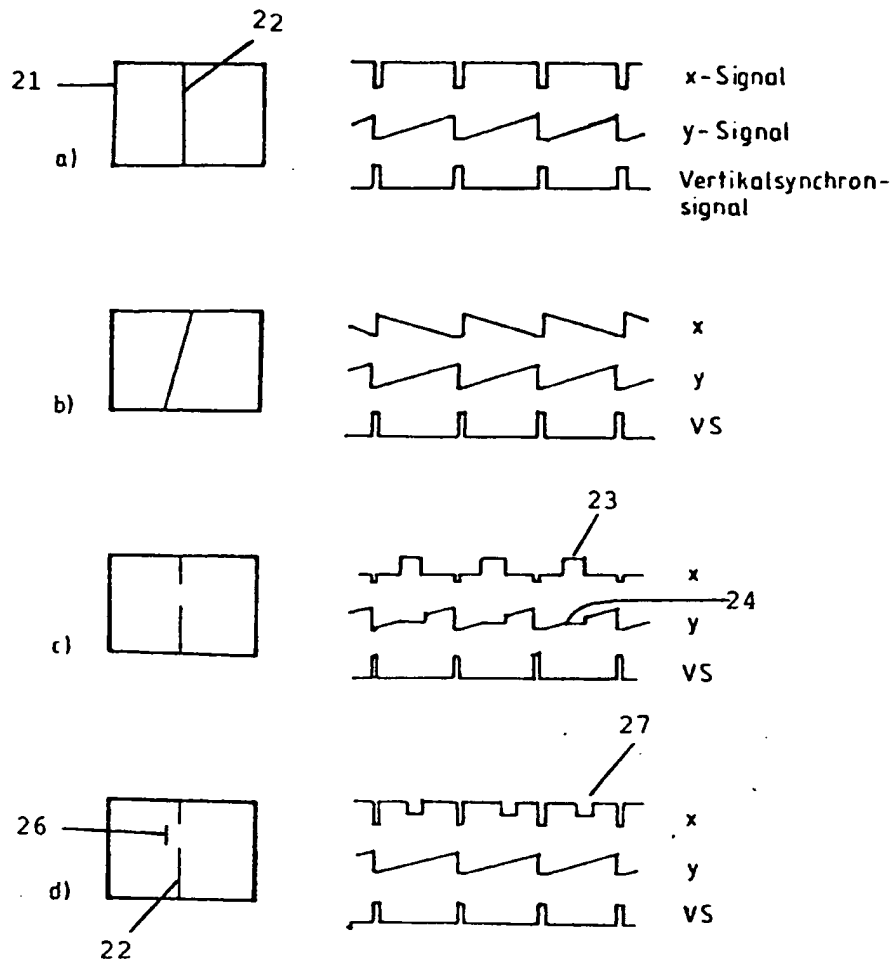
Figur 1



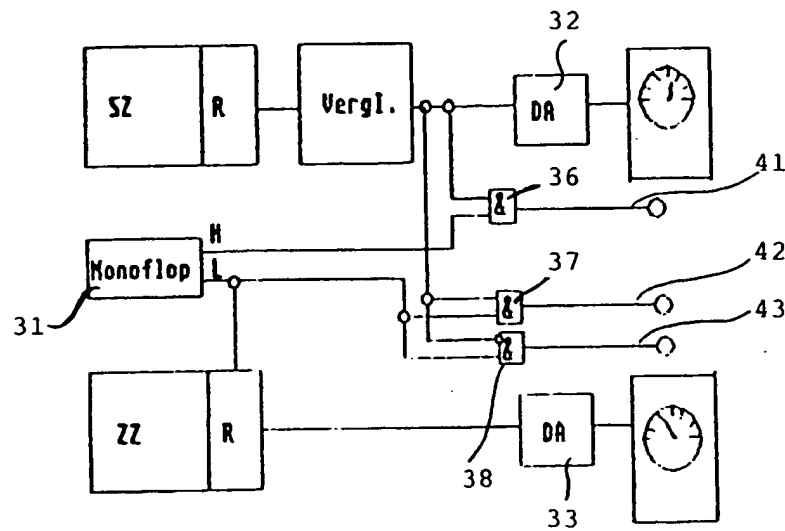
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

US-PAT-NO: 6100539

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 6100539 A

TITLE: Light sensor with evaluation of the light transit time

----- KWIC -----

Light sensor with evaluation of the light transit time

The invention relates to a light sensor comprising a light transmitter for transmitting a light signal ( $T_{\text{sub}.x}$ ,  $T_{\text{sub}.xd}$ ) into a region to be monitored, a light receiver for receiving a reflected light signal ( $R_{\text{sub}.x}$ ) from an object present in the monitored region, at least one signal generator for producing a first signal ( $T_{\text{sub}.x}$ ) to energize the light transmitter and also for producing a second signal ( $L_{\text{sub}.0}$ ) standing in a defined phase relationship to the first signal ( $T_{\text{sub}.x}$ ), but with a different signal shape in comparison to the first signal ( $T_{\text{sub}.x}$ ), and also a correlation stage for producing the correlation function (KKF) between the received light signal ( $R_{\text{sub}.x}$ ) and the second signal ( $L_{\text{sub}.0}$ ,  $L_{\text{sub}.0d}$ ) as well as an evaluation stage following the correlation stage for determining information related to the distance between the light sensor and the object.

The invention relates to a light sensor based on the principle of light transit time evaluation comprising a light transmitter for the transmission of a light signal into a region to be monitored and a light receiver for receiving a light signal reflected from an object present in the monitored region, wherein a

conclusion is drawn on the distance between the light sensor and the object by finding the time which has elapsed between the transmission of the light signal and its reception.

In addition to the above named light sensors based on the principle of light transit time evaluation, sensors also exist which are based on the principle of triangulation in which the light transmitter and the light receiver are to be arranged alongside one another in order to determine the angle between a transmitted light beam and a received light beam and to determine the distance between the light sensor and the object from this angle. These triangulation systems have the disadvantage that with reflective objects falsification of the angle found can arise through tilting, which ultimately results in the determination of a wrong distance. Furthermore, it is of disadvantage that with large detection distances only a low accuracy is available. This can only be compensated with a constructional shape of the light sensor which is too large, because the transmitting optical system and receiving optical system must have an adequately large spacing from one another. However, this relatively large spacing, between the optical transmitting and receiving systems means, in turn, in disadvantageous manner, that objects located very close to the light sensor cannot be detected.

For the above named reasons, the use of light sensors based on the principle of light transit time evaluation is thus fundamentally of advantage because these sensors do not have the above described disadvantages. However, these light sensors, which are based on the principle of light transit time evaluation, are associated with a relatively high technical cost and

complexity, because complex signal processing is necessary to determine the light transit time.

Furthermore, such light transit time, sensors, which calculate the light transit time through a correlation between the transmitted signal or a reference signal and the received signal, have, in particular, a small range in which the measurement is unambiguous, which is likewise a disadvantage.

An object of the invention is to make available a light sensor based on the principle of light transit time evaluation, which can be manufactured with a low economical cost and complexity and which has the largest possible range of non-ambiguity.

This object is satisfied in accordance with the invention by a light sensor comprising a light transmitter for transmitting a light signal  $T_{\text{sub}.x}$ ,  $T_{\text{sub}.xd}$  into a region to be monitored, a light receiver for receiving a reflected light signal  $R_{\text{sub}.x}$  from an object present in the monitored region, at least one signal generator for producing a first signal  $T_{\text{sub}.x}$  to energize the light transmitter and also for producing a second signal  $L_{\text{sub}.0}$  standing in a defined phase relationship to the first signal  $T_{\text{sub}.x}$ , but with a different signal shape in comparison to the first signal  $T_{\text{sub}.x}$ , and also with a correlation stage for producing the correlation function  $KKF$  between the received light signal  $R_{\text{sub}.x}$  and the second signal  $L_{\text{sub}.0}$ ,  $L_{\text{sub}.0d}$  as well as an evaluation stage following the correlation stage for determining information related to the distance between the light sensor and the object.

In distinction to the initially named light transit time sensors which are

based on a correlation principle, a correlation function is formed in accordance with the invention between the received light signal and a second signal, with the second signal and the transmitted light signal either being generated at the same time or having a known time shift relative to one another. The transmitted light signal and the received light signal have a signal shape which thereby differs from the second signal, which makes it possible to select the signal shapes so that ultimately a non-linear shape of the correlation function arises. This non-linearity can be selected, by a corresponding choice of the signal shapes that are used, so that the value of the correlation function outside of the respective sensing range of interest lies above or below an upper or lower threshold respectively, and so that a relatively steep shape of the correlation function arises between the upper and lower threshold within the sensing range of interest. This steep shape of the correlation function within the sensing range of interest leads to a very high accuracy of the light sensor of the invention, in particular distances of approximately 6 m can, for example, be determined with an accuracy of 1 to 2 cm.

It is of advantage when the signal shapes of the first and second signal are selected such that the correlation function formed between the two signals has an amplitude step in the range of one period which is larger and/or steeper than all further amplitude steps which occur during this one period. This one amplitude step then relates precisely to that region of the correlation function which is used for the evaluation and determination of the scanning distance. As a result of its steepness the respective



sensing distance can be very accurately determined.

It is furthermore advantageous when the mentioned amplitude step of the correlation function is so steep that its temporal extent lies approximately in the length of or below the length of an individual signal forming the two signals to be correlated. With a steepness of this kind a particularly good accuracy can be achieved with respect to the sensing distance to be determined.

A particularly advantageous embodiment of the invention can be realized in that the position of the amplitude step of the correlation function can be optionally shifted within one period in order, in this way, to be able to adapt the light sensor to the respectively desired different sensing distances. A shift of the amplitude step of this kind, or a corresponding change of the correlation function, can be achieved either by modification of the signal shapes that are used or by the setting of delay times, which bring about a time shift between the two signals to be correlated.

The setting of the delay times or the shifting of the amplitude step within the correlation function can, for example, take place via the teach key provided on the light sensor or via a PC connected to the light sensor. Thus, the light sensor of the invention can be adapted in the simplest manner to different, respectively desired sensing distances.

For the shape of the cross correlation function  $K_{\text{sub.2}}$ , the relatively low gradient of this function is a disadvantage because it leads to a low accuracy of the detected shift of the two correlated functions, i.e. of the sensing distance which is found.

FIG. 2 shows two selectively adjustable shapes of a non-linear cross correlation function  $K_{sub.3}$  in accordance with the invention. Typical for these shapes is a substantially constant shape of the cross correlation function over an initial range, whereupon a relatively steep decline of the cross correlation function takes place. After this decline of the cross correlation function, it either extends at a substantially constant low value or rises slowly as shown in FIG. 2. The determining value  $dT$  for the sensing distance to be found is determined by investigating at which value  $dT$  the cross correlation function  $K_{sub.3}$  intersects the line of symmetry  $S_{sub.sym}$ .

With the shape in accordance with  $K_{sub.3a}$ , the determining decline of the cross correlation function takes place in the region  $B_{sub.1}$ . The relevant sensing distance corresponds to the value  $dT_{sub.1}$ , which signifies that it is possible to determine, with a light sensor with the correlation function  $K_{sub.3a}$  whether a sensed object is located in front of or behind a distance which corresponds to  $dT_{sub.1}$ , with it being possible to exactly determine the precise position of the sensed object in a range which corresponds to the range  $B_{sub.1}$ .

If one wishes to set a different determining sensing distance in a light sensor in accordance with the invention, then the characteristic of the cross correlation function is shifted by one of the measures already described above so that, for example, a shape of the characteristic  $K_{sub.3b}$  results. Here the precise position of the sensed object can be determined within a range  $B_{sub.2}$ .

Thus, if a determination is made that the value of the cross correlation function which has been found lies above the threshold  $S_{sub.0}$  for a specific received signal, then the object lies in the foreground, i.e. in the front of the set sensing distance. If the value of the cross correlation function, however, lies beneath the threshold  $S_{sub.U}$ , then the object lies in the background, i.e. behind the sensing distance.

If the value of the cross correlation function which is determined corresponds to the value  $S_{sub.sym}$  drawn in in FIG. 5, which is preferably equal to zero, then the object is either present precisely at the set sensing distance or no object is present at all. This ambiguity must be precluded by an additional check, with, for example, the parallel determination of the received energy being suitable for this purpose. If the received energy lies beneath a predetermined threshold, then no object is present. If it lies above the threshold, then the object is located precisely at the set scanning distance.

If a value of the cross correlation function between  $S_{sub.U}$  and  $S_{sub.0}$  is determined, then, as a result of the steep shape of the cross correlation function in the corresponding range, it is possible to make a very accurate conclusion concerning the distance between the object and the light sensor.

1. A light sensor comprising a light transmitter for transmitting a light signal ( $T_{sub.x}$ ,  $T_{sub.xd}$ ) into a region to be monitored; a light receiver for receiving a reflected light signal ( $R_{sub.x}$ ) from an object present in the monitored region, at least one signal generator for producing a first signal ( $T_{sub.x}$ ) to energize the light transmitter and also for

producing a second signal (L.sub.0) standing in a defined phase relationship to the first signal (T.sub.x), but with a different signal shape in comparison to the first signal (T.sub.x), and also a correlator for producing a correlation function (KKF) between the reflected light signal (R.sub.x) and the second signal (L.sub.0) as well as an evaluation unit following the correlator for determining information related to the distance between the light sensor and the object.

11. A light sensor in accordance with claim 3, wherein the correlation function (KKF) has an amplitude step in the range of one period, which is larger and/or steeper than all further amplitude steps which occur during one period and the time position of the amplitude step can be shifted by an adjustment process which can be effected by the user of the light sensor within one period of the correlation function (KKF), whereby the light sensor can be matched to different sensing distances.

PAT-NO: EP000690317A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: EP 690317 A1

TITLE: Method and device for optical determination of the spatial positions of single reflecting objects

PUBN-DATE: January 3, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
PLAMPER, JOERG	DE
MOTZKO, FRIEDRICH	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DAIMLER BENZ AEROSPACE AG	DE

APPL-NO: EP95109585

APPL-DATE: June 21, 1995

PRIORITY-DATA: DE04422886A (June 30, 1994)

INT-CL (IPC): G01S017/42

EUR-CL (EPC): G01S017/42

ABSTRACT:

The method involves the use of a pulse transition time distance sensor with multiple gate signal processing. An optical transmitter emits at least one short light pulse to uniformly illuminate a spatial angular region significantly greater than the spatial angle enclosed by the measurement object when viewed from the measurement device. The pulse detects the entire field of view.

The distance to the object is determined by measuring the

time between emitting  
the transmitted light pulse and the incidence of the light  
pulse reflected from  
the measurement object on a photoreceiver near the  
transmitter and detecting  
the entire illuminated spatial angle region. The direction  
of the object is  
determined by optically imaging the object illuminated by  
the same pulse on a  
position sensitive photodetector. <IMAGE>



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 690 317 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
03.01.1996 Patentblatt 1996/01

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **G01S 17/42**

(21) Anmeldenummer: 95109585.0

(22) Anmeldetag: 21.06.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT SE

(30) Priorität: 30.06.1994 DE 4422886

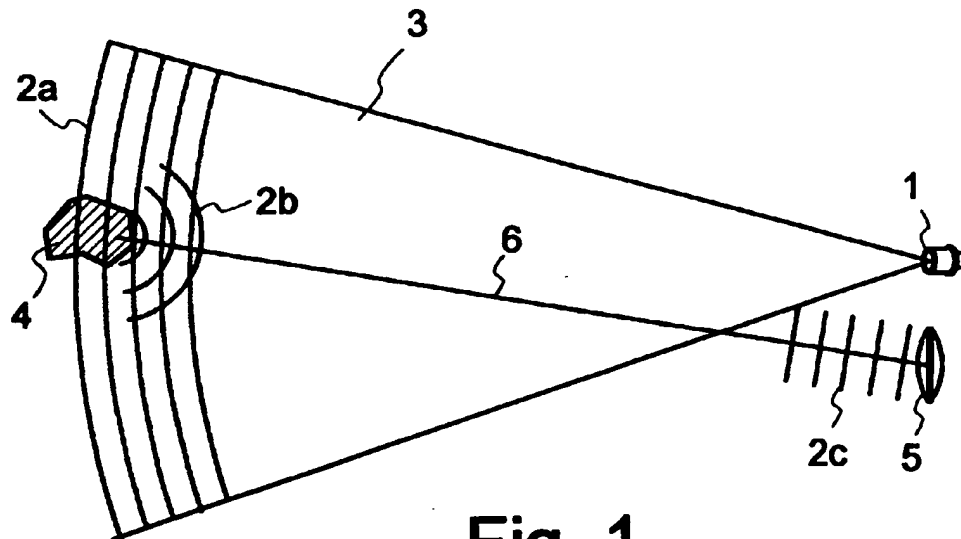
(71) Anmelder: Daimler-Benz Aerospace  
Aktiengesellschaft  
D-81663 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Plamper, Jörg  
D-86529 Schrobenhausen (DE)  
• Motzko, Friedrich  
D-86529 Schrobenhausen (DE)

(54) **Verfahren und Einrichtung zur optischen Bestimmung räumlicher Positionen einzelner reflektierender Objekte**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung der räumlichen Position von lichtreflektierenden Objekten mittels eines optischen Pulslaufzeit-Abstandssensors mit Mehrtor-Signalverarbeitung, wobei das Gesichtsfeld der Meßeinrichtung mit

jedem Sendepuls als Ganzes erfasst und die Richtungsinformation durch eine optische Abbildung des Meßobjekts auf einen positionsempfindlichen Photodetektor erhalten wird. Ausführungsbeispiele sind ausführlich beschrieben und in den Abbildungen skizziert.



**Fig. 1**

EP 0 690 317 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur optischen Bestimmung räumlicher Positionen von lichtreflektierenden Objekten gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Seit geraumer Zeit besteht der Bedarf nach einem Meßverfahren, das es ermöglicht, mit einem kompakten Sensoraufbau Objekt im Abstand von einigen bis einigen zig Metern räumlich schnell zu lokalisieren. Messungen dieser Art sind eigentlich eine Domäne des Radars, doch läßt sich mit diesem Meßprinzip die hier geforderte Genauigkeit nicht erreichen.

Auf der Suche nach Alternativen wurden aktiv-optische Verfahren in Betracht gezogen, die die Genauigkeitsanforderungen leicht erfüllen, dies jedoch nicht für alle drei Raumkoordinaten gleichzeitig können. Bislang war es entweder möglich, die Richtung zu bestimmen, in der sich ein Objekt befindet, oder den Abstand eines Objekts in einer ganz bestimmten Richtung, aber nicht Richtung und Abstand eines Objekts innerhalb eines gewissen Meßvolumens. Passive Triangulationsverfahren könnten die geforderte Leistung zur Not erbringen, aber wiederum - wegen der notwendigen Triangulationsbasis - nicht mit einem Meßaufbau der geforderten Kompaktheit.

Will man mit einem näherungsweise punktförmigen optischen Meßaufbau den Abstand zu einem Meßobjekt bestimmen, so stehen hierfür nur aktive Laufzeitmeßverfahren zur Verfügung. Um darüber hinaus eine dreidimensionale Positionsbestimmung durchzuführen, ist es gebräuchlich, mit einem aktiven Laufzeitsensor, der ein kleines Gesichtsfeld besitzt, den Raumwinkel des Meßbereichs abzutasten und bei Vorhandensein eines Objekts dessen Abstand zu messen. Die Richtung, in der sich das Objekt befindet, entspricht der Ausrichtung des Gesichtsfelds zur Zeit der Messung, sie wird also vorgegeben, nicht gemessen. Das ist die Vorgehensweise beim klassischen Radar-Meßprinzip. Sie besitzt den Vorteil, daß mit einem einzigen Sensor beliebig viele Objekte erfaßt werden können, denn diese Erfassung erfolgt nicht gleichzeitig. Nachteilig ist hingegen, daß bei der Erfassung eines einzelnen Objekts bei jedem Abtastvorgang alle Messungen bis auf eine umsonst sind. Soll ein zweidimensionaler Winkelbereich überwacht werden, so dauert das Abtasten für die attraktivsten Einsatzmöglichkeiten viel zu lange. In der Radartechnik bieten die Phased-Array-Antennen die Möglichkeit, den Abtastvorgang zu beschleunigen, jedoch existiert im optischen Bereich kein Äquivalent hierzu.

Ein Ansatz zur Überwindung dieser scheinbaren Schwäche optischer Verfahren besteht darin, den gesamten Winkelmeßbereich mit einer Anordnung aus vielen einzelnen Abstandssensoren mit unterschiedlichen Meßrichtungen gleichzeitig zu überwachen. Hier ist aber der apparative Aufwand sehr groß, weshalb dieses Meßprinzip, das Stand der Technik ist, nur in stark vereinfachter Form Anwendung findet.

Aus der DE 34 15 635 A1 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur optischen Bestimmung der räumlichen Position von lichtreflektierenden Objekten bekannt, wobei ein Sender den gesamten zu überwachenden Raumwinkelbereich abdeckt und der Empfänger aus einer Matrixanordnung von vielen Detektorelementen mit einer gemeinsamen Abbildungsoptik besteht. Dieses Ausführungsbeispiel bezieht sich jedoch auf ein abtastendes Meßverfahren, bei dem immer nur ein Photodetektor aktiv ist. Es muß also für jeden einzelnen Photodetektor ein eigener Lichtimpuls zur Entfernungsmessung benutzt werden. Den Abstand zu einem Meßobjekt mit einem einzelnen Laufzeitsensor zu bestimmen und einen bestimmten Raumwinkelbereich simultan zu überwachen ist mit dieser Einrichtung nicht möglich.

Aus der DE 39 15 627 C2 ist ebenfalls ein abtastendes Meßverfahren bekannt, bei dem lediglich ein linearer Winkelbereich betrachtet wird, wobei Sender und Empfänger aus mehreren Elementen bestehen. Auch mit dieser Einrichtung ist es nicht möglich, einen Raumwinkelbereich simultan zu überwachen und das Gesichtsfeld mit jedem Sendepuls als Ganzes zu erfassen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein praktisch verwertbares optisches Meßverfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das den Abstand zum Meßobjekt mit einem einzelnen Laufzeitsensor bestimmen kann, den Meßaufbau einfach und geometrisch klein hält und einen gewissen Raumwinkelbereich simultan überwacht, sowie zur Bestimmung der räumlichen Position des Meßobjekts dessen Abstand und die Richtung bestimmt, in der es sich befindet, wobei das Gesichtsfeld mit jedem Sendepuls als Ganzes erfaßt wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 aufgezeigten Verfahrensmerkmale gelöst und durch die im Anspruch 2 aufgezeigte Maßnahme realisiert. In den weiteren Unteransprüchen sind Ausgestaltungen und Weiterbildungen angegeben und in der nachfolgenden Beschreibung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Die Figuren der Zeichnung veranschaulichen und ergänzen diese Erläuterungen. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Schaubild bezüglich der Verhältnisse bei einer Bestimmungsmessung von Richtung und Abstand,
- Fig. 2 ein Schaubild bezüglich der Vorgänge am Empfänger im Detail,
- Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Signalverarbeitungseinrichtung,
- Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer Signalverarbeitung.

Der allgemeine Erfindungsgedanke sieht vor, mit Hilfe von optischen Linsen eine Abbildung entfernt er Objekte zu erhalten, speziell eine Abbildung aus dem Unendlichen. Diese ist dadurch markant, weil alle Lichtstrahlen, die aus einer bestimmten Richtung kommen die Abbildungsoptik treffen, in einem bestimmten Punkt der Bildebene vereinigt werden: Es wird also eine Richtung, die sich im Raum z.B. durch zwei Richtungs cosinus beschreiben läßt, in einen Ort trans-



formiert, der durch ein Koordinatenpaar in einer Ebene angegeben werden kann. Plaziert man nun dort einen ortsempfindlichen Detektor, also einen, der messen kann, welcher Punkt seiner empfindlichen Fläche von Licht getroffen wird, so mißt man damit indirekt auch aus welcher Richtung dieses Licht vor der optischen Abbildung kam.

Diesen "Kunstgriff" wendet die Natur beim Wirbeltierauge an, und der Mensch hat ihn mit der Erfindung der Camera Obscura nachvollzogen. Sowohl beim Sehvorgang als auch bei der Photographie handelt es sich im Grunde um die indirekte Bestimmung der Einfallsrichtung von Lichtstrahlen aus einem größeren Raumwinkelbereich durch optische Abbildung und nachfolgende Bestimmung des Bildortes. Die direkte Methode wird von der Natur beim Facettenauge der Insekten praktiziert. Dort blicken viele Lichtempfänger mit sehr kleinem Gesichtsfeld in unterschiedliche Raumrichtungen. Die Linse wird dabei nicht eingespart, sondern ist vielmehr in vervielfachter Ausführung erforderlich, um jedem Einzelauge das nötige enge Gesichtsfeld bei gleichzeitig ausreichender Lichtempfindlichkeit zu verleihen. Jede der vielen Linsen ist viel kleiner als die einzelne beim Wirbeltierauge, was zu wesentlich kleinerer Lichtempfindlichkeit und darüber hinaus zu signifikant schlechterer Auflösung führt. Damit ist diese direkte Methode zur Richtungsbestimmung der indirekten weit unterlegen. Bei alledem ist sie wegen der simultanen Erfassung aller Meßwerte immer noch um Größenordnungen schneller als ein abtastendes Verfahren, das als einzigen Vorteil den der größeren Empfangsöffnung ins Feld führen könnte. Beispiele für abtastende Verfahren zur Richtungsbestimmung findet man in der Natur nicht. So betrachtet erweist sich der scheinbare Nachteil optischer Sensoren, daß hier keine schnelle Strahlablenkung möglich ist, als völlig irrelevant. Er wird von der Möglichkeit der optischen Abbildung mehr als aufgewogen.

Es gilt nun dieses Richtungsmeßverfahren mit einem Abstandsmeßverfahren so zu kombinieren, daß beide Größen möglichst mit einer einzigen Messung bestimmt werden können. Daraus ergibt sich zwingend die Forderung nach einem großen Gesichtsfeld für den Abstandsensor. Laufzeitsensoren, die wie oben dargelegt als einzige geeignet sind, existieren bislang aber nur mit kleinen Gesichtsfeldern. Der Grund hierfür ist letztlich die große Geschwindigkeit des Lichts, die kleine Laufzeiten hervorruft und Detektoren mit entsprechend kurzen Ansprechzeiten notwendig macht. Da diese aber eine kleine elektrische Kapazität des Detektors erfordern, die wiederum proportional zur lichtempfindlichen Fläche ist, sind Detektoren, die sich für herkömmliche Laufzeitsensoren eignen, notwendigerweise geometrisch klein. Um eine ausreichende Lichtempfindlichkeit zu erzielen, muß aber ein Lichtbündel mit möglichst großem Querschnitt erfaßt werden. Man versieht den Detektor deshalb mit einer Sammellinse, die wesentlich größer als seine eigene empfindliche Fläche ist. Das Gesichtsfeld dieser Anordnung entspricht dann dem Verhältnis vom Durchmesser des Detektors zur Brennweite der Sammellinse, die ihrerseits nicht wesentlich kleiner als der Linsendurchmesser gemacht werden kann und somit groß gegen den Durchmesser des Detektors sein muß. Daraus ergibt sich zwangsläufig ein kleines Gesichtsfeld.

Eine Vergrößerung des Empfängergesichtsfelds kann also entweder durch Verkleinerung der Linsenbrennweite und damit auch des -durchmessers oder auch durch Vergrößerung des Detektors bewirkt werden. Sie geht somit immer mit einer Verringerung entweder der Lichtempfindlichkeit oder aber der Ansprechgeschwindigkeit einher.

Für den hier vorgesehenen Zweck sind die Anforderungen an die Lichtempfindlichkeit des aktiv arbeitenden Abstandssensors sehr hoch, weil sein Sender das gesamte Gesichtsfeld möglichst gleichmäßig ausleuchten muß, wodurch der größte Teil des Lichts das Meßobjekt nicht treffen kann und folglich verlorengeht. Darum scheidet eine Verkürzung der Linsenbrennweite zur Vergrößerung des Gesichtsfelds aus, diese kann nur durch Vergrößerung des Detektors bewirkt werden. Aus dem gleichen Grund kommen als Sender nur hochintensive Pulslichtquellen in Frage; alle verfügbaren kontinuierlich strahlenden, modulierbaren Lichtquellen scheiden wegen zu geringer Leistung von vornherein aus. Es liegt folglich nahe, zur Abstandsmessung Pulslaufzeit-Verfahren einzusetzen. Wegen der großen empfindlichen Fläche kann der Detektor nur relativ langsam ansprechen, Meßaufgabe ist also die Bestimmung der zeitlichen Lage eines relativ langen elektrischen Pulses, der sich aufgrund des Meßeffekts im Vergleich zu seiner Dauer nur wenig auf der Zeitachse verschiebt. Erst neuere Verfahren (vgl. P 4305011.5) erlauben es, die zeitliche Lage eines solchen Pulses so genau zu bestimmen, daß sich Abstandsänderungen auflösen lassen, welche signifikant kleiner als die Reichweite des Sensors sind.

Ein Meßverfahren, das den obengenannten Anforderungen entspricht, läßt sich im Rahmen der genannten Randbedingungen auf zweierlei Weise realisieren: Entweder man mißt Richtung und Abstand mit einem gemeinsamen Empfänger, oder es werden zwei getrennte Baugruppen verwendet. Letzteres tut der gewünschten Kompaktheit des Meßaufbaus keinen nennenswerten Abbruch, weil kein Mindestabstand zwischen den beiden Empfängern erforderlich ist. Je nach Art der Realisierung erhält man unterschiedliche Eigenschaften der Meßeinrichtung, sodaß eine getrennte Beschreibung der beiden Ausgestaltungsmöglichkeiten sinnvoll ist.

Die Fig. 1 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel zur Bestimmung von Richtung und Abstand mit einem einzigen Empfänger. Ein Sender 1 emittiert einen kurzen Lichtpuls, hier angedeutet als Wellenfront 2a in einen gewissen Raumwinkelbereich 3. Die Sendedivergenz ist dabei so bemessen, daß das gesamte gewünschte Gesichtsfeld möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet wird. Ein Teil des ausgesandten Lichts trifft das Meßobjekt 4 und wird in Form einer sekundären Wellenfront 2b reflektiert. Wied rum in Teil 2c hiervon trifft die Empfängeroptik 5 als quasi ebene Well , was in der geometrischen Optik einem Parallelstrahl nbündel entspricht, dessen Richtung durch diejenige Normal 6 auf der Wellenfront gegeben ist, die durch den Mittelpunkt der Licht intrittsöffnung führt. Wie leicht zu ersehen ist, weist dies Gerad 6 vom Empfänger r aus genau auf das Meßobjekt.

Die Vorgänge am Empfänger zeigt im Detail die Fig. 2. Die Empfängeroptik 5, die eintreffend Wellenfront 2c und ihr Normale 6, die den Zentralstrahl bildet, entsprechen Fig. 1. Zusätzlich sind hier noch die Randstrahlen 7a, 7b eingezeichnet. Diese Strahlen werden nun von der Empfängeroptik in einem Bild des Meßobjekts 8 vereinigt. Da das Meßobjekt allerdings selbst einen gewissen Raumwinkelbereich einnehmen muß, um einen endlichen Anteil der Sendeleistung zu reflektieren, ist auch sein Bild nicht punktförmig sondern ausgedehnt. Der Ort, an dem dieses Bild in der Bildebene erscheint, ist ein direktes Maß für die Richtung, in der sich das Meßobjekt befindet. Da das Meßobjekt nur von einem kurzen Lichtpuls beleuchtet wird, erscheint das Bild auch nur für eine ebenso kurze Zeit, und zwar mit einer Verzögerung gegen den Zeitpunkt der Lichtaussendung, die ein Maß für den Abstand des Meßobjekts ist.

In der Bildebene der Abbildungsoptik befindet sich nun der Photodetektor. Da mit ihm gleichzeitig Abstand und Richtung gemessen werden sollen, wird hier ein s.g. "Position Sensitive Detector" (PSD) eingesetzt. Dieser wandelt den Lichtpuls in vier elektrische Pulse um, deren Amplituden den Ort der Lichteinstrahlung wiedergeben. Dabei ist die (relative) Differenz jeweils zweier dieser Signale ein Maß für einen Achsenabschnitt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem auf der empfindlichen Fläche des PSD's. Gleichzeitig besitzt ein solcher Detektor die wichtige Eigenschaft, diese Signale in Echtzeit zu generieren. Seine Abmessungen müssen so gewählt werden, daß die Empfängeroptik das gesamte gewünschte Gesichtsfeld auf die empfindliche Fläche abbildet. Letztere ist somit grundsätzlich groß gegen die durch das Bild des Meßobjekts beleuchtete Fläche. Sie ist auch signifikant größer als die Flächen von Detektoren, wie sie für herkömmliche Pulslaufzeitsensoren verwendet werden. Daraus ergibt sich eine relativ große elektrische Kapazität, durch die der Zeitverlauf des Lichtpulses bei der Umwandlung in ein elektrisches Signal verfälscht wird, was aber nicht für dessen zeitliche Verschiebung aufgrund der abstandsabhängigen Lichtlaufzeit über das Meßobjekt gilt. Diese wird getreu wiedergegeben, und man braucht sie nur genau genug bestimmen, um den Abstand des Meßobjekts zu kennen.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer geeigneten Signalverarbeitungseinrichtung. Zur Abstandsmessung werden alle Signale des PSD's unter Wahrung des Zeitverlaufs addiert, wodurch sich ein Puls ergibt, dessen Amplitude von der Richtung unabhängig ist. Das ist wünschenswert, damit der Sensor eine gleichmäßige Empfindlichkeit über das Gesichtsfeld aufweist. Die Verzögerung dieses Gesamtsignals gegen den ausgesandten Lichtpuls muß nun bestimmt werden. Dazu ist es erforderlich, daß der Sender bei Aussendung des Pulses ein geeignetes Bezugs- oder Triggersignal generiert, das an dieser Stelle berücksichtigt wird. Die Ausgangsgröße ist genau dann ein Maß für den Abstand des Meßobjekts, wenn sie ein Maß für die reine Lichtlaufzeit vom Sender über das Meßobjekt zum Empfänger ist. Die Vorrichtung zur Pulslaufzeitmessung ist so zu gestalten, daß dies sichergestellt ist, ansonsten kann die Ausgangsgröße so gewählt werden wie es zur Weiterverarbeitung am günstigsten erscheint. Insbesondere kann sie bereits digitalisiert sein.

Im unteren Teil von Fig. 3 ist die Vorgehensweise zur Richtungsbestimmung veranschaulicht: Zunächst ist es günstig, für jedes der vier Signale die Pulsamplitude zu messen, d.h. bereits als ersten Schritt eine Umformung in leichter verarbeitbare Größen vorzunehmen als dies die kurzen, vom PSD gelieferten Pulse sind. Ein vorteilhaftes Verfahren hierzu stellt z.B. die Integration der elektrischen Pulse über der Zeit dar. Da die Signale zueinander proportional sind, sind ihre Integrale ihren Spitzenwerten (Pulsamplituden) proportional, und da nur Verhältnisse signifikant sind, genügt dies zur Weiterverarbeitung vollumfänglich. Die weitere Verarbeitung beinhaltet nur noch Rechenoperationen, darum ist hier eine Digitalisierung besonders empfehlenswert.

Stehen nun Signale zur Verfügung, die den Pulsamplituden proportional sind, kann die Ermittlung der beiden Richtungskordinaten mit dem hierfür gebräuchlichen Verfahren erfolgen: Die Signale aus gegenüberliegenden Anschlüssen des PSD's werden sowohl addiert als auch subtrahiert; dann werden die Differenzen durch die Summen dividiert. Die beiden Ergebnisse geben eindeutig den Ort, bzw. den Schwerpunkt des Lichteinfalls an.

Da der PSD nur die Ermittlung eines Punktes gestattet, ist eine so ausgestaltete Meßeinrichtung nur zur Bestimmung der Position eines einzelnen Meßobjekts geeignet. Befinden sich deren mehrere im Gesichtsfeld, so wird ein mit der Gesamt-Reflexion der einzelnen Objekte gewichteter Mittelwert gemessen, es sei denn, die Abstände unterscheiden sich so stark, daß die Objekte beim Empfänger zeitlich wohlunterscheidbare Einzelpulse hervorrufen. Darum ist diese Ausgestaltung überall dort vorteilhaft, wo es auf die schnelle Erfassung einzelner Objekte ankommt, denn die Ermittlung der Richtungsinformation aus den vom Detektor gelieferten Signalen ist sehr einfach und kann leicht in Echtzeit erfolgen.

Nachfolgend soll nun auf das Ausführungsbeispiel zur Bestimmung von Richtung und Abstand mit zwei getrennten Empfängern eingegangen werden.

Matrix- oder Zeilen-Anordnungen von Photodetektoren besitzen nicht nur eine Empfindlichkeit für die Position des Lichteinfalls, sondern sogar eine Ortsauflösung, also die Möglichkeit, mehrere Punkte, auf denen gleichzeitig Licht einfällt, voneinander zu unterscheiden.

Da dies durch Aggregation einer Vielzahl einzelner Detektoren erreicht werden muß, kann ein solcher Detektor keine Signale generieren, die den Ort des Lichteinfalls direkt wiedergeben; das muß eine nachgeschaltete Signalverarbeitungseinrichtung durch Identifikation der belichteten Detektorelemente erledigen. Dieser Zusatzaufwand kann aber aufgewogen werden durch die Möglichkeit, die Positionen mehrerer gleichweit entfernter Meßobjekte simultan zu bestimmen oder auch Informationen über die Form eines Meßobjekts zu erlangen. Es ist allerdings unvertretbar aufwendig, diesen Identifikationsvorgang in Echtzeit erledigen zu wollen, also während der kurzen Zeit, in der der Licht-

puls registriert wird. Deshalb ist in Empfänger mit einem solchen Vielfach-Detektor nicht oder nur sehr schlecht für eine Abstandsmessung über die Pulslaufzeit geeignet.

Es steht aber nichts der Einführung eines Zusatzempfängers entgegen, dessen Detektor die fehlende Echtheit für die Abstandsmessung besitzt. In seiner Bauart unterscheidet er sich nur durch sein größeres Gesichtsfeld, das jenem des Empfängers zur Richtungsbestimmung entsprechen muß, und die dadurch notwendig werdende größere Empfindlichkeit von den Empfängern herkömmlicher Pulslaufzeit-Abstandsensoren.

Als Detektor für den Empfänger zur Richtungsbestimmung eignen sich vor allem Matrix-Anordnungen von CCD's. Die Energie des empfangenen Lichtpulses wird hier zur Bildung von Ladungen benutzt, die nach Abklingen des Pulses in den einzelnen Detektorelementen gespeichert bleiben und der Reihe nach ausgelesen werden können. Deshalb kann einem solchen Detektor keine Information über die Zeit entnommen werden, zu der der Lichtpuls eintraf. Ebenso gibt es Matrixanordnungen aus Photodioden (sogenannte FPA's - Focal Plane Arrays). Da bei ihnen jedes Detektorelement den Puls in Echtzeit registriert, eignen sie sich für das hier beschriebene Verfahren nur schlecht, dem das Signal tritt in allen belichteten Elementen gleichzeitig für sehr kurze Zeit auf, was ihre Identifikation sehr erschwert.

Man kann so z.B. auf eine handelsübliche CCD-Kamera zurückgreifen, die allerdings zur Aufnahme von Einzelbildern ausgestattet sein muß. Produkte der Konsumelektronik eignen sich hierfür also nicht. Es muß sichergestellt werden, daß der Empfänger nur auf das Licht des vom Sender ausgestrahlten Pulses anspricht. Bei Verwendung von CCD-Anordnungen ist der Detektor unmittelbar vor Aussendung des Lichtpulses zu löschen und unmittelbar nach dem Empfang auszulesen, was eine mit dem Sendepuls synchronisierte Ansteuer-Einrichtung erfordert. Damit in der Zwischenzeit möglichst wenig Umgebungslicht registriert wird, ist der Empfänger mit einem Interferenzfilter zu versehen, das nur die Wellenlänge des verwendeten Lichts durchläßt.

Mit einem solchen Empfänger erhält man eine zweidimensionale Belichtungs-Verteilung, deren Schwerpunkt ein Maß für die Richtung ist in der sich das Meßobjekt befindet. Ermittelt man den Gesamtschwerpunkt über die gesamte Matrix, so entspricht das der Meßgröße, die ein PSD-Detektor liefert. Isoliert man aber vorher u.U. einzelne belichtete Bereiche und berechnet deren Schwerpunkte gesondert, so lassen sich auch mehrere Meßobjekte in gleichem Abstand simultan erfassen.

Fig. 4 zeigt beispielhaft als Blockschaltbild eine mögliche Vorgehensweise bei der Signalverarbeitung. Im oberen Teil ist der Empfangsteil eines Pulslaufzeit-Abstandsensors dargestellt, der sich nur in seiner Auslegung für ein großes Gesichtsfeld von herkömmlichen Ausführungen unterscheidet. Der untere Teil des Blockschaltbilds zeigt eine CCD-Matrixanordnung, der eine Auslesevorrichtung nachgeschaltet ist. Dieser wiederum folgt eine Einrichtung zur Auswertung der vom CCD gelieferten Lichtverteilungsdaten, im wesentlichen zur Berechnung eines oder mehrerer Schwerpunkte.

Ganz oberflächlich betrachtet genügt dies schon für eine Positionsbestimmung, für eine zuverlässige Funktion ist aber noch eine Ablaufsteuerung vorzusehen. Sie leitet die Messung ein, indem sie ein Auslesen des CCD's veranlaßt, wodurch dieses gelöscht wird. Damit nun diese voraussichtlich erratischen Daten nicht als unsinnige Richtungsinformation am Ausgang erscheinen, unterbleibt dabei das Signal "Meßdaten gültig" an die Einrichtung zur Schwerpunktberechnung. Ist genug Zeit für das Löschen des CCD's verstrichen (dies kann alternativ auch durch ein Quittungssignal von der Ausleseeinrichtung angezeigt werden), so generiert die Ablaufsteuerung ein Freigabesignal an den Sender, der damit die Erlaubnis zum Senden eines Pulses erhält. Es ist nicht ratsam, dieses Freigabesignal als Bezugssignal für die Pulslaufzeitmessung zu benutzen, weil es für den Sender einfacher ist, zum tatsächlichen Sendezeitpunkt ein Signal zu generieren als eine wohldefinierte Sendeverzögerung gegen das Freigabesignal einzuhalten. Deswegen erfolgt die Pulslaufzeitmessung exakt so wie bei der Ausführung mit einem PSD-Empfänger. Wenn der vom Meßobjekt reflektierte Puls empfangen wurde, was z.B. durch Verstärkenlassen einer gewissen Zeit oder auch durch ein Signal von der Einrichtung zur Pulslaufzeitmessung sichergestellt werden kann, wird von der Ablaufsteuerung wieder ein Signal zum Auslesen des CCD's generiert. Diesmal wird jedoch zusätzlich der Einrichtung zur Schwerpunktberechnung signalisiert, daß die Auslesevorrichtung nun gültige Daten liefert. Dies führt zur Berechnung des Schwerpunkts der gemessenen Lichtverteilung und zur Ausgabe der entsprechenden Koordinaten in einer beliebigen, für die weitere Verarbeitung geeigneten Form.

Für die in Fig. 4 schlicht mit "Schwerpunktberechnung" bezeichnete Funktionseinheit, die in der praktischen Ausführung wohl meist als Softwaremodul eines Mikrocomputers realisiert sein wird, sind durchaus noch weitere Auswertungsmöglichkeiten gegeben. Da das Meßobjekt abgebildet wird, ist mit Methoden der Bildverarbeitung eine Erkennung oder Klassifizierung möglich, was aber mit Positionsbestimmung nur am Rande etwas zu tun hat. Wesentlich interessanter ist hierfür die Möglichkeit, den Schwerpunkt der Belichtungsverteilung in Relation zum Umriss des Meßobjekts zu setzen. Der Punkt auf dem Meßobjekt, der in diesen Schwerpunkt abgebildet wird, besitzt nämlich recht genau den Abstand, der über Pulslaufzeit gemessen wird. Es ist somit möglich, Informationen über den Abstand anderer Punkte zu erlangen. Punkte die heller erscheinen als der Schwerpunkt liegen entweder näher oder die entsprechende Fläche des Meßobjekts ist schwächer geneigt. Da das Meßobjekt auch noch mehrfarbig sein kann, dürfte es zumindest sehr schwierig sein, die Form unbekannter Meßobjekte zu bestimmen. Ist andererseits das Meßobjekt von bekannter Beschaffenheit, d.h. von bekannter Form und Färbung, so kann mit dem angegebenen Verfahren nicht nur seine Position sondern auch seine räumliche Orientierung und darüber hinaus noch seine (evtl. variable) Größe bestimmt werden.

Abschließend ist noch auf den Einsatz linearer Positionsdetektoren einzugehen. PSD's und CCD-Anordnungen sind nicht nur als Flächen-, sondern vor allem auch als lineare Positionsdetektoren verfügbar. Bleibt das Meßobjekt zusammen mit dem Sensor in einer gemeinsamen Ebene, so kann zur Positionsbestimmung ein linearer Detektor eingesetzt werden. Vorteilhaft ist dabei neben der einfacheren Signalverarbeitung auch die wesentlich geringere erforderliche Empfindlichkeit des Sensors, wodurch sich größere Reichweiten erzielen lassen.

Da dieser Spezialfall für viele terrestrische Anwendungen (Robotik, Verkehrstechnik u.a.) in guter Näherung gegeben sein dürfte, muß auf den möglichen Einsatz linearer Positionsdetektoren unbedingt hingewiesen werden.

#### Patentansprüche

10

1. Verfahren zur optischen dreidimensionalen Positionsbestimmung mittels eines Pulslaufzeit-Abstandssensors mit Mehrtor-Signalverarbeitung, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Bestimmung der räumlichen Position von lichtreflektierenden Objekten,

15

a) ein optischer Sender mindestens einen kurzen Lichtpuls in einen Raumwinkelbereich sendet, der signifikant größer ist als der Raumwinkel, den das Meßobjekt von der Meßeinrichtung aus gesehen einnimmt und dabei diesen Raumwinkelbereich mit jedem Lichtpuls gleichmäßig ausleuchtet,

20

b) dieser Sendelichtpuls das Gesichtsfeld als Ganzes erfaßt,

c) die Bestimmung des Abstands, in dem sich das Meßobjekt befindet, durch Messung der Zeit zwischen Aussendung des Sendelichtpulses und Eintreffen des vom Meßobjekt in Richtung der Meßeinrichtung zurückreflektierten Lichts auf einem Photoempfänger in der Nähe des Senders erfolgt, dessen Gesichtsfeld bei jedem Sendelichtpuls den gesamten vom Sender beleuchteten Raumwinkelbereich umfaßt,

25

d) die Bestimmung der Richtung, in der sich das Meßobjekt befindet, durch optische Abbildung des vom gleichen Lichtpuls beleuchteten Meßobjekts auf einen positionsempfindlichen Photodetektor und Bestimmung der Position des Bildes erfolgt, dessen Gesichtsfeld ebenfalls bei jedem Sendelichtpuls den gesamten vom Sender beleuchteten Raumwinkelbereich umfaßt,

e) und bei jedem neuen Sendelichtpuls eine neue dreidimensionale Positionsbestimmung erfolgt.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Abstand und Position mit Hilfe eines einzigen Empfängers mit einem positionsempfindlichen Detektor (PSD) bestimmt werden.

35

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Abstand und Richtung mit Hilfe von zwei getrennten Empfängern bestimmt werden, wovon nur der Photodetektor des Empfängers zur Bestimmung der Richtung eine Empfindlichkeit für die Position der Objektabbildung besitzt

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der Bildposition direkt mit Hilfe eines positionsempfindlichen Detektors (PSD) erfolgt.

40

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der Bildposition indirekt über die Bestimmung der belichteten Elemente einer Detektormatrix erfolgt.

45

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich zu der Richtung in der sich das Meßobjekt befindet, aus der Kombination der belichteten Detektorelemente Informationen über Form und/oder Orientierung des Meßobjekts abgeleitet werden.

50

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Ermittlung des Schwerpunkts der Intensitätsverteilung im Bild eines ausgedehnten Meßobjekts die genaue Lage jenes Punktes bestimmt wird, dessen Abstand sich durch die Pulslaufzeitmessung ergibt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Meßobjekten bekannter Form die Intensitätsverteilung im Bild des Meßobjekts zur Ermittlung der räumlichen Position von Punkten, deren Abstand sich aus der Pulslaufzeitmessung nicht ergibt, herangezogen wird.

55

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Lichtpulse ausgesandt werden und durch Anwendung von Mittelungs- oder Korrelationsverfahren auf die Einzelmessergebnisse die Meßgenauigkeit gesteigert wird.

- 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß durch Erfassung der Bildposition mit Hilfe eines linearen positionsempfindlichen Photodetektors (eindimensionaler PSD, CCD-Zeile etc.) die Position des Meßobjekts in einer Ebene bestimmt wird.**

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

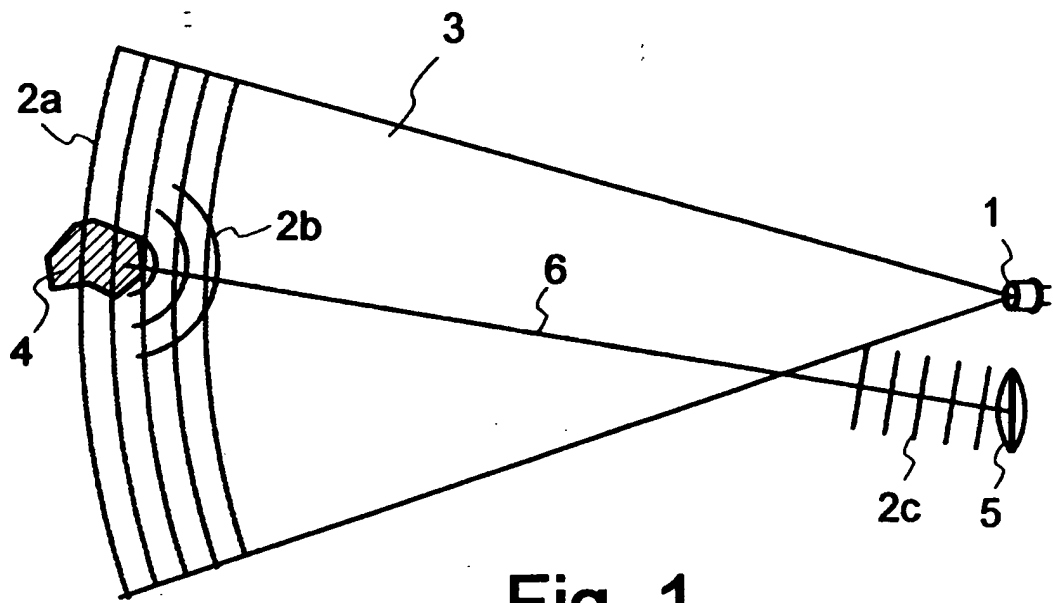


Fig. 1

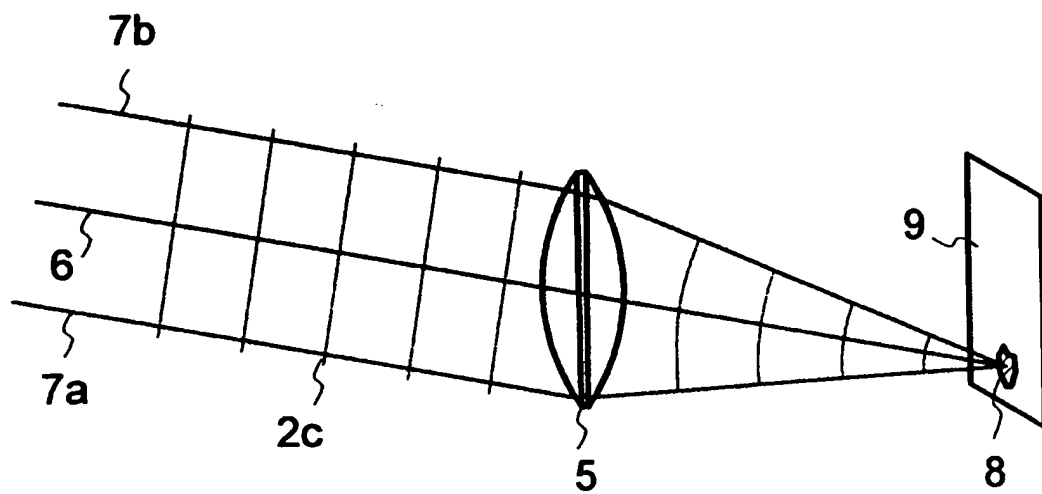


Fig. 2

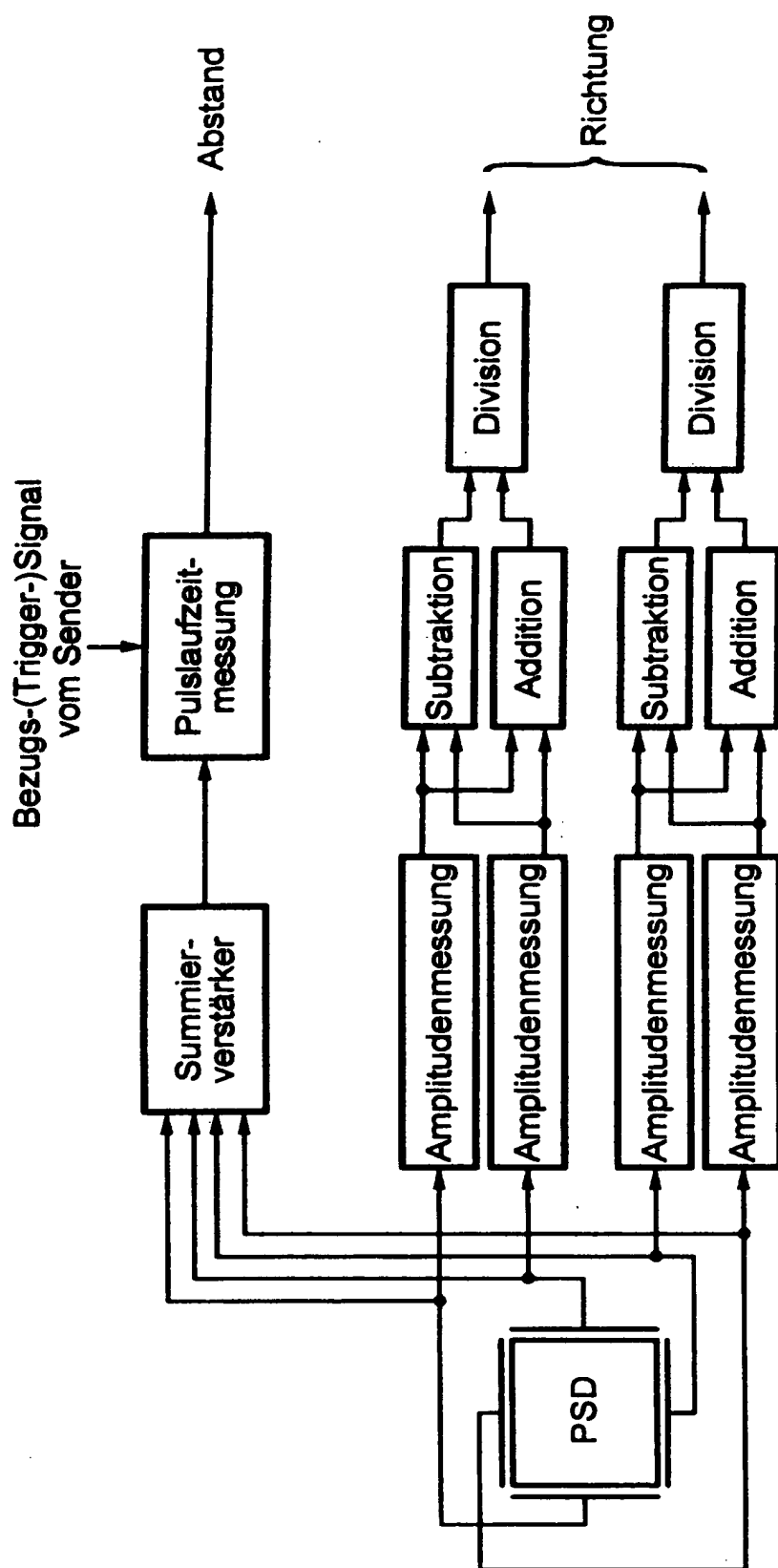


Fig. 3

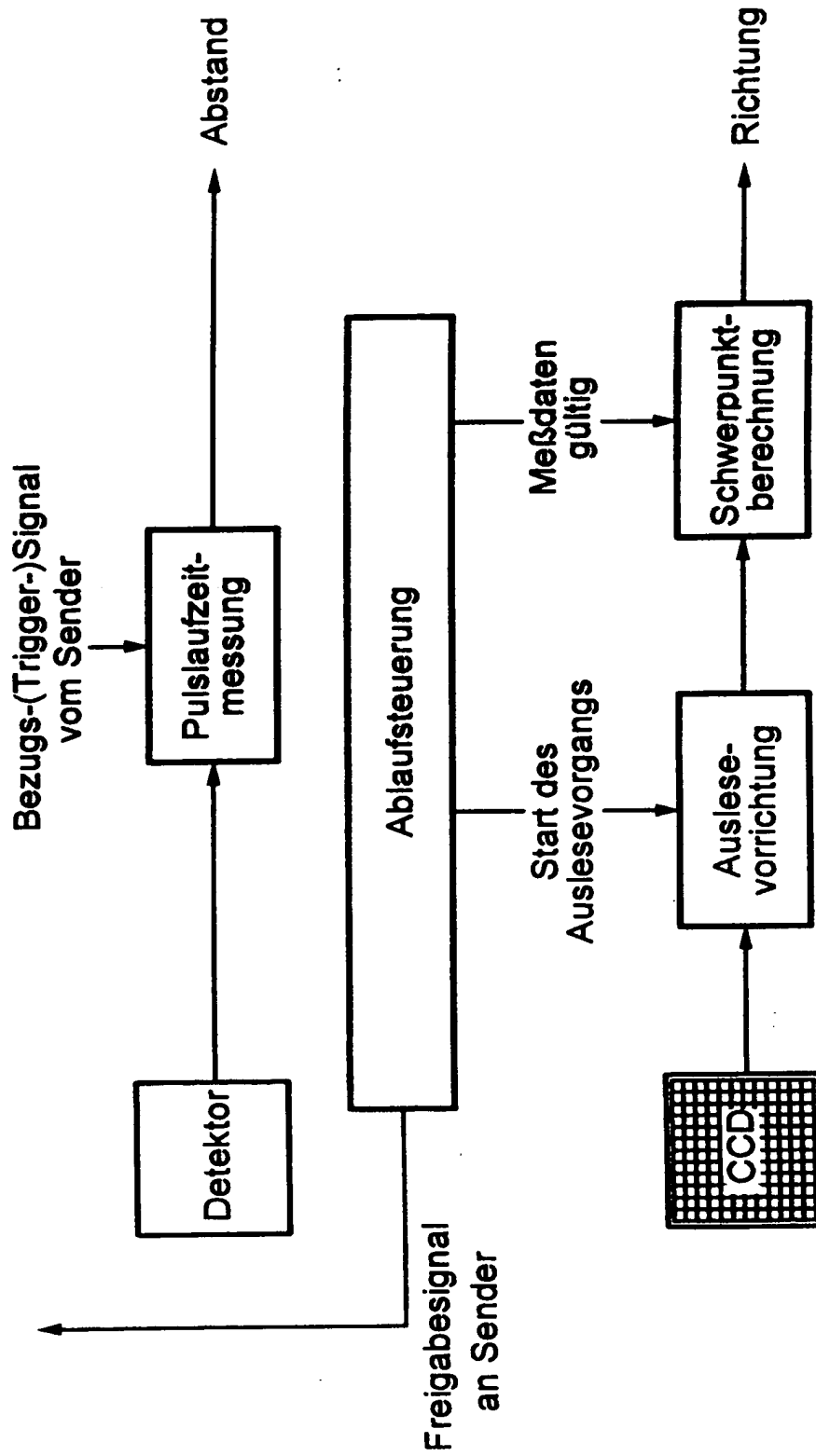


Fig. 4





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 10 9585

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	GB-A-2 139 036 (NISSAN MOTOR COMPANY LTD.) * Zusammenfassung; Abbildungen 4,5 *	1,3,4	G01S17/42
D	& DE-A-34 15 635 (NISSAN MOTOR COMPANY LTD.) ---		
Y	IEICE TRANSACTIONS, Bd. E74, Nr. 10, Oktober 1991 TOKYO, JAPAN, Seiten 3400-3406, XP 000279319 ARAKI ET AL. 'High Speed and Continuous Range-finding System' * das ganze Dokument *	1,3,4	
A	US-A-5 056 914 (KOLLODGE) * Zusammenfassung; Abbildungen 6,7 * * Spalte 14, Zeile 9 - Zeile 19 *	1	
A	DE-B-25 54 846 (THOMSON-CSF) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,2	
A	EP-A-0 377 078 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH.) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Spalte 1, Zeile 22 - Zeile 46 *	1,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01S
Recherchenort <b>BERLIN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>25. September 1995</b>	Prüfer <b>Danielidis, S</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

US-PAT-NO: 4634272

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 4634272 A

TITLE: Optical radar system with an array of photoelectric sensors

----- KWIC -----

An optical radar system includes an optical transmitter which responds to a drive signal to radiate a search light pulse into detection fields arranged in the direction in which the vehicle is moving. An optical receiver includes a plurality of arrayed photoelectric sensitive elements which receive any search light pulses reflected by objects in the detection fields.

A distance measuring device determines the respective distances from the system to the objects and the corresponding directions in which the objects lie in accordance with the delay between the drive signal and the reception of the corresponding reflected search light pulses by the individual photoelectric elements.

The present invention relates to an optical radar system which determines the respective distances from the system to detected objects and the respective directions toward the objects with respect to the system.

A conventional optical radar system adapted to be mounted on the front of an automotive vehicle includes an optical transmitter, an optical receiver, and a signal processor. The transmitter radiates a search pulse of coherent light produced by a semiconductor laser in a beam having an appropriate angle of divergence toward the object to be detected. The optical

receiver collects the light pulses reflected by the object using a lens, eliminates the background noise from the collected light pulses using an interference filter and focuses the filtered light onto a single photo transducer. The resulting pulse signal from the photo transducer is amplified to an appropriate magnitude by a wide-band amplifier in the processor. A computing unit of the processor determines the distance from the radar system to the object in accordance with the delay between the arrival of the reflected pulse and the occurrence of a drive signal which triggers the transmitted pulse of coherent light, as well known in the art.

In this conventional radar system, however, the area of the light-receiving surface of the light sensitive element is very small so that the region in which the reflected pulses can be sensed is limited to a very small area forward of the optical receiver. For example, when an automotive vehicle is travelling along the axis of the transmitted pulse beam forwardly of the automotive vehicle on which the optical radar system is mounted, the distance between the preceding vehicle and the following vehicle can be computed. However, when the preceding vehicle leaves the sensible area due to a curved or sloped road, the radar system gives out information such as would be given out when there are no preceding vehicles, which is an undesirable matter.

According to the present invention, an optical radar system includes an optical receiver which in turn includes a plurality of arranged photoelectric sensitive elements, and a distance measuring device which determines the respective distances from the system to objects and the respective

directions toward the objects with respect to the system in order to find objects and avoid possible obstacles in the directions in which the vehicle equipped with the system moves.

If the distance between an object 40 and lens 27 is represented by  $R$ , the focal distance by  $f$ , and the distance between lens 27 and photoelectric transducer 26 by  $l$ , the following formula holds:

Signal processor 23 determines the respective distances from the system to the objects lying within the detection fields corresponding to transducers 26a, 26b and 26c on the basis of the electrical signals  $G$ ,  $H$  and  $I$  from transducers 26a, 26b, 26c, respectively. The processor includes preamplifiers 32, 33 and 34 which amplify the electrical signals  $G$ ,  $H$  and  $I$  respectively, an operation control unit 31 which repeatedly produces respective gating signals  $L$ ,  $M$  and  $N$  in a fixed time sequence in response to the pulses of a triggering signal  $K$  from pulse modulator 29 in synchronism with the pulses of drive signal  $F$ , gates 37, 36 and 35 opened by gating signals  $L$ ,  $M$  and  $N$  respectively, a wide-band amplifier 30 which respectively amplifies and shapes the signals  $G$ ,  $H$  and  $I$  sequentially outputted by preamplifiers 32, 33, 34 and a computing unit 38 which determines the respective distances from the system to the objects in accordance with the timing  $J$  of the output of wide-band amplifier 30 and triggering signal  $K$  and outputs distance data  $P$  for each of the detection fields in which an object is present.

The operation of the optical radar system according to the present invention will be described with respect to FIG. 3 in which the detection of three

objects is illustrated. As shown, phototransmitter 21 and optical receiver 22 of the system are centrally mounted on the front end of the vehicle body. The angle of divergence  $\theta_t$  of search beam  $L_t$  from transmitter 21, which naturally equals the angular detection range  $\theta_r$  of optical receiver 22, is chosen so as to approximately cover the width of the road lane (e.g., about 3.5 m) when a safe inter-vehicle distance (e.g, about 50 m) is maintained. The photo-sensitive elements 26a, 26b and 26c are set to sense reflected light from the left-forward, central-forward and right-forward directions respectively with respect to the axis of the system.

Assume that drive signal  $F$  having period  $T_p$  and pulsewidth  $T_w$ , as shown in FIG. 4(b), is outputted by pulse modulator 29, and a search light pulse having wavelength  $\lambda$  and pulsewidth  $T_w$  is transmitted. If there are moving objects such as motorcycles 42, 43, 44 at respective distances  $R_a$ ,  $R_b$  and  $R_c$  in front of the radar system within the detection fields  $\theta_a$ ,  $\theta_b$  and  $\theta_c$ , the light pulses  $L_{ra}$ ,  $L_{rb}$  and  $L_{rc}$  reflected by the respective motorcycles and returning to photo-receiver 22 arrive at receiver 22 delayed respectively by times  $\tau_a$ ,  $\tau_b$  and  $\tau_c$  with respect to the timing of transmission of searchlight  $L_t$ , as shown in (d), (f) and (h) in FIG. 4. The reflected light pulses  $L_{ra}$ ,  $L_{rb}$  and  $L_{rc}$  received by receiver 22 are focused by lens 27 onto photoelectric elements 26a, 26b and 26c which output signals  $G$ ,  $H$  and  $I$  indicative of the reflected light pulses  $L_{ra}$ ,  $L_{rb}$  and  $L_{rc}$ , respectively to signal processor 23. Signals  $G$ ,  $H$  and  $I$  are amplified by 20-30 dB by preamplifiers 32, 33 and 34 and outputted to gates 35, 36 and 37, respectively.

Gates 35, 36 and 37 are supplied with gating signals L, M and N, as shown at (j), (k), and (l) in FIG. 4, which go high sequentially in response to triggering signal K, as shown in (a) in FIG. 4 in synchronism with drive signal F from operation control unit 31 to cause signals G, H and I to pass alternately through the corresponding gate. The output terminals of gates 35, 36 and 37 are connected so that the sequentially gated pulses G, H, and I are concatenated to form a serial signal, as shown in (m) in FIG. 4. Wide-band amplifier 30 amplifies and shapes the serial signal pulses into a timing signal, J, such as is shown at (n) in FIG. 4, outputted to computing unit 38. Computing unit 38 determines the distances Ra, Rb and Rc to respective objects 42, 43, and 44 on the basis of the respective delay intervals .tau.a, .tau.b and .tau.c of timing pulses of signal J with respect to the corresponding pulses of trigger signal K and outputs distance data P for each of the detection fields in which an object is present.

As described above, the possible movement of objects can be predicted by monitoring changes in the distances to the objects in the right-, left- and central-forward detection fields with respect to the axis of vehicle 41. For example, assume that at first a vehicle is detected within the central detection field so that photoelectric sensitive element 26b is first outputting a signal and then photoelectric sensitive element 26c outputs a signal and subsequently stops outputting the signal. This fact indicates that the detected vehicle may have entered a curve to the right with respect to the directions shown in FIG. 3.

1. A system for measuring a distance to an object,

comprising:

c. third means for generating and outputting the drive signal to said first means and determining the distance to the object in the detection region on the basis of the difference in time between an output timing of the drive signal and timing of reception of a received electric signal derived from each said light receiving area of said plurality of arrayed photo-sensitive elements,

thereby determining a time for transit of said light pulse to an object in said light receiving area monitored by the photo-sensitive elements.

2. The system according to claim 1, wherein said third means includes means for sequentially determining the distance between the system and each object.

e. a processing unit responsive to said drive signal and said sensor signals for sequentially determining whether or not objects capable of reflecting light exist in any of said fields of said detection region and further for sequentially determining the distance and direction to detected objects on the basis of a time delay between pulses of said drive signal and corresponding pulses of said sensor signals.

11. Apparatus as recited in claim 10 wherein said processing unit comprises means for sequentially enabling passage of said sensor signals to a means for measuring a time of reception of said respective sensor signals within respective predetermined time periods thereby determining a time for transit of said light pulse to an object within said fields of said detection region to identify a distance between said object and the vehicle.

12. Apparatus for determining longitudinal distances to objects in a plurality of transverse detection areas in a zone, comprising:

distance measuring means for determining respective longitudinal distances to objects detected in corresponding detection areas,

said distance measuring means comprising means for sequentially processing the reflected signals detected by said plurality of photo-sensitive means within a sequence of predetermined corresponding time periods and

thereby determining a time for transit of said light pulse to an object in said detection area monitored by the photo-sensitive means.

17. Apparatus as recited in claim 12 wherein said distance measuring means comprises a delay measuring means for determining a time delay between transmission of said signal by said transmitter means and detection of a reflected signal by any of said plurality of detecting means to determine a distance to an object in the corresponding detection area.

18. Apparatus as recited in claim 17 wherein said delay measuring means comprises means for detecting delays between transmission of said signal and detection of a reflected signal by each of said plurality of detecting means to compute longitudinal distances to each of a plurality of objects detected in a plurality of said transverse detection areas.

19. A system for measuring a distance to an object, comprising:

c. third means for generating and outputting the drive signal to said first means and determining the distance to the object in the monitored areas of said detection region on the basis of the difference in time between timing of the



drive signal and timing of reception of a received electric  
signal derived from  
each of said respective arrayed photo-sensitive elements  
monitoring said  
respective light receiving areas, and

US-PAT-NO: 6509958

DOCUMENT-IDENTIFIER: US 6509958 B2

TITLE: Method for distance measurement and a distance measuring device

----- KWIC -----

Method for distance measurement and a distance measuring device

A method is described for detecting the distance between a measuring device comprising a transmitter and a receiver and an object, in which a modulated light signal is emitted by the transmitter in the direction of the object, the light signal reflected at the object is received by the receiver and is converted into a reflection signal, and the distance between the measuring device and the object is determined from the light transit time of the light signal received. In addition to the light signal reflected at the object, at least a part of the light signal emitted is received as a reference light signal by a receiver without reflection at the object and is converted into a reference signal. Subsequently the phase shift between the reflection signal and the reference signal is determined for the determination of the light transit time. Moreover, a distance measuring device working in accordance with the method of the invention is described.

The present invention relates to a method for the detection of the distance between a measuring device comprising a transmitter and a receiver and an object, in which a modulated light signal is emitted along

a transmission channel by the transmitter in the direction of the object, the light signal reflected at the object is received by the receiver via a reception channel and is converted into a reflection signal, and the distance between the measuring device and the object is determined from the light transit time of the received light signal. The invention is further directed to a distance measuring device having a transmitter emitting at least one light signal along a transmission channel and having a receiver for the reception of the light signal reflected at an object via a reception channel and for the generation of a corresponding reflection signal, with the measuring device comprising a measuring unit for the measurement of the light transit time of the received light signal and an evaluation unit for the determination of the distance between the measuring device and the object from the light transit time measured.

A method and a distance measuring device of this kind are known wherein a light pulse is emitted in the direction of the object by the measuring device to determine the distance between the measuring device and the object, with a counter being started simultaneously with the emission of the light pulse. When the light pulse reflected by the object is incident to the receiver, the counter is stopped if the output signal of the receiver generated by the light signal incident to the receiver exceeds a certain threshold value. The distance between the measuring device and the object can then be calculated from the number of count impulses, which corresponds directly to the light transit time of the light signal received and from the propagation speed of the light signal.

This method and the measuring device working with this method have proven their value in practice. In particular when a very high measuring accuracy is required, however, the problem can occur with the known method that the firing point for the transmission diode usually used does not coincide exactly with the actual time of the emission of the transmission pulse due, for example, to a changing response behavior of the transmission diode due to age. As the counter used is started simultaneously with the firing of the laser diode, a certain measurement inaccuracy can be present in the measurement of the light transit time in this way. The light transit time determined furthermore also depends on the choice of the threshold value for the output signal of the receiver, since the light pulses emitted and received usually have oblique flanks and therefore a higher threshold value results in a later stopping of the counter.

Starting from the method of the kind initially mentioned, the object relating to the method is satisfied in accordance with the invention in that, in addition to the light signal reflected at the object, at least a part of the light signal emitted is received as a reference light signal by a receiver without reflection at the object and is converted into a reference signal; and in that the phase shift between the reflection signal and the reference signal is determined to find the light transit time, with an optical separation being present between the transmission channel and the reception channel.

The part of the object relating to the measuring device is satisfied in accordance with the invention starting from a distance measuring device of the

kind initially mentioned in that a receiver is provided at a pre-set distance to the transmitter, in particular in direct proximity thereto, with which at least a part of the light signal emitted can be received directly as a reference light signal, that is, without reflection at the object, and can be converted into a reference signal; in that the phase shift between the reflection signal and the reference signal can be determined by the evaluation unit for the determination of the light transit time; and in that an optical separation is present between the transmission channel and the reception channel in the region of the transmitter and the receiver.

In accordance with the invention, it is thus not the firing point of the transmission element which is used as the starting point for the measurement, but the light signal emitted is received twice, once after reflection at the object and once without reflection at the object, so that two reception signals are present for the determination of the light transit time whose phase shift is determined. If a delay should occur between the firing of the transmission element and the actual emission of the light pulse generated thereby, then this is automatically compensated by embodiments of the invention since, for the determination of the light transit time, the transmission light signal delayed in this case is used as the reference for the determination of the light transit time. The receiver generating the reference signal is preferably arranged in direct proximity to the transmitter, since in this way the reference signal generated by the receiver can be used directly as the temporal reference value. If a greater pre-set distance is present between the transmitter and the receiver, then a corresponding offset

value can be taken into account in the determination of the phase shift.

In accordance with a further advantageous embodiment of the invention, the time curve of the reference signal and of the reflection signal respectively is stored and the stored signal curves used for the determination of the light transit time. Due to the availability of the signal curve, which represents a "history" of each scan procedure, interference effects such as particles in the air, a dirty front screen of the measuring device or an incorrectly recognized reflection at a deflection mirror which occur within the optical distance of the emitted light signal can be eliminated for the distance measurement.

Depending on the application, the light transit time can be determined from the stored signal curves while taking into account pre-set circumstances specific to the application. Reflections which are sequential in time can, for example, be recognized by the evaluation of the stored signal curves. If, for example, a deflection mirror is arranged in the beam path whose distance to the measuring device is known, then a received signal generated by a reflection at the deflection mirror can be identified as an interference signal due to the light transit time known for this known distance. Only the next received signal received subsequently to this interference signal can then, for example, be recognized as a light signal reflected at the object.

A further possibility of filtering interference signals can lie in the fact that the respectively last received pulse within an evaluation interval is identified as a valid received signal. If interference influences are present within the optical distance of the emitted light signal which effect a

premature reflection at least of a part of the light such as particles in the form of snowflakes or contamination at the front screen, then the light signal reflected at the object will, however, always be incident to the receiver as the last reflected light signal. For this reason, the light signal last received prior to the emission of the next light pulse can be identified as the light signal characterizing the distance to the object.

Since the receivers must also reliably detect signals which are reflected at objects with a low reflection factor, the receivers usually have a relatively high sensitivity. This can result in a distortion of the output signal of the receiver taking place by a signal limitation at a low scan distance or with an object with a high reflectance factor. This can in particular result in problems in the determination of the phase difference via a peak determination of interpolation functions. A logarithmic amplifier can therefore preferably be used in the receiver electronics by means of which an unwanted signal limitation is avoided. A corresponding de-logarithmicization can be carried out in a simple manner during the signal evaluation.

The measuring accuracy of the phase difference and thus of the light transit time or the object distance can preferably be even further improved for signals containing interference by means of correlation computations, for example cross-correlation, convolution or Fourier transformation, of the position of the reflection signal with respect to the reference signal.

FIG. 1 illustrates a first embodiment of a distance measuring device formed in accordance with the invention;

FIG. 2 illustrates a second embodiment of a distance

measuring device formed in  
accordance with the invention;

FIG. 4 illustrates a further embodiment of a distance  
measuring device formed  
in accordance with the invention.

These light signals 12 thus run directly from the  
transmitter 4 to the receiver  
6 without reflection at the object 5 so that the light  
transit time of these  
light signals can be neglected or is known as a result of  
the pre-set distance.

The distance between the measuring device 1 and the object  
5 can then be  
computed from the time difference  $\Delta t$  determined,  
which represents the  
light transit time of the emitted light pulse, while taking  
the light  
propagation speed into account.

It is possible for example for the emitted light signal 3  
to be reflected in  
part prior to reaching the object 5 at particles such as  
dust or snow present  
in the air and for this reflected part to be received by  
the receiver 6. This  
can result in an interference peak at the time  $t_{sub.2}$ , as  
is indicated in FIG.  
2. If only the exceeding of a pre-set threshold value were  
checked at the  
output of the receiver 6, then this interference peak would  
cause an incorrect  
computation of the distance between the measuring device 1  
and the object 5.

If a corresponding interference peak is caused, for  
example, by a reflection at  
a deflection mirror provided in the beam path whose  
distance to the measuring  
device is known, then the associated light transit time  
from the measuring  
device 1 to the deflection mirror can be computed on the  
basis of the known  
distance and compared to the respective location of the  
peaks determined.



Peaks generated by reflection at the deflection mirror can likewise be reliably eliminated in this way.

A corresponding reference signal 19 can generally also be generated for each of the reflection signals 22 when a polygon mirror wheel 27 is used so that the respective phase shift for each pair, which includes a reference signal 19 and a reflection signal 22, and thus the light transit time can be determined in accordance with the procedure described with respect to FIG. 3.

1. A method for detecting a distance between a measuring device and an object, the measuring device including a transmitter and a receiver, in which a modulated light signal is emitted along a transmission channel by the transmitter in the direction of the object, the method comprising: receiving at least a part of the light signal emitted that is reflected at the object via a reception channel; converting the reflected light signal into a reflection signal; determining a light transit time of the received light signal; determining the distance between the measuring device and the object from the light transit time; sampling the reflection signal at a sample rate at one or more sampling times, wherein analog signal values of the reflection signal detected in each case at the one or more sampling times are read into one or more analog memories at the sampling rate; and reading out the signal values stored for the reflection signal in the one or more analog memories at a read-out rate lower than the sampling rate, wherein the read-out signal values for the reflection signal are subjected to an analog-digital conversion.

23. A method in accordance with claim 13, further

comprising storing a temporal curve of the reflection signal and the reference signal respectively, wherein the stored signal curves are used for the determination of the light transit time.

24. A method in accordance with claim 23, wherein the determination of the light transit time is determined from the stored signal curves while taking into account pre-set circumstances specific to an application.

26. A method in accordance with claim 25, wherein determining a light transit time of the received light signal comprises determining a light transit time of the received light signal from the phase shift.

31. A method for detecting a distance between a measuring device and an object, the measuring device including a transmitter and a receiver, in which a modulated light signal is emitted along a transmission channel by the transmitter in the direction of the object, the method comprising: receiving at least a part of the light signal emitted that is reflected at the object via a reception channel; converting the reflected light signal into a reflection signal; receiving at least a part of the light signal emitted without reflection at the object as a reference light signal; converting the at least a part of the light signal emitted without reflection into a reference signal; storing a temporal curve of the reflection signal and the reference signal as a signal history; determining a phase shift between the reflection signal and the reference signal; evaluating the determined phase shift and stored signal history to determine a light transit time of the received light signal, wherein pre-set circumstances specific to an application are used

in evaluating the stored signal history to determine the light transit time; and determining the distance between the measuring device and the object from the light transit time of the received reflected light signal.

32. A distance measuring device having a transmitter emitting at least one light signal along a transmission channel and having a receiver for the reception of the light signal reflected at an object via a reception channel and for the generation of a corresponding reflection signal, the measuring device comprising: a measuring unit configured to measure a light transit time of the received light signal; and an evaluation unit configured to determine a distance between the measuring device and the object from the light transit time measured, wherein the measuring unit samples the reflection signal at a sample rate at one or more sampling times, wherein analog signal values of the reflection signal detected in each case at the one or more sampling times are read into one or more analog memories at the sampling rate, and signal values stored for the reflection signal in the one or more analog memories are read out of the one or more analog memories at a read-out rate lower than the sampling rate and are subjected to an analog-digital conversion.

33. A distance measuring device in accordance with claim 32, wherein the receiver is provided at a pre-set distance to the transmitter, wherein at least a part of the emitted light signal without reflection at the object can be received directly as a reference light signal and can be converted into a reference signal.

34. A distance measuring device in accordance with claim

33, wherein the measuring unit determines a phase shift between the reflection signal and the reference signal for the determination of the light transit time.

35. A distance measuring device in accordance with claim 34, wherein the measuring unit samples the reference signal at a sample rate at one or more sampling times, wherein analog signal values of the reference signal detected in each case at the one or more sampling times are read into one or more analog memories at the sampling rate, and signal values stored for the reference signal in the one or more analog memories are read out of the one or more analog memories at a read-out rate lower than the sampling rate and are subjected to an analog-digital conversion.

36. A distance measuring device in accordance with claim 33, wherein the transmitter and the receiver for the reception of the reference light signal are arranged in a common housing.

37. A distance measuring device in accordance with claim 33, wherein a common receiver is provided for the reception of the reference light signal and the reflection light signal.

38. A distance measuring device in accordance with claim 33, wherein a light guide is provided for the reference light signal that interrupts an optical separation that is present between the transmission channel and the reception channel in the region of the transmitter and the receiver.

39. A distance measuring device in accordance with claim 33, wherein a first receiver is provided for the reception of the reflection light signal and a further receiver for the reception of the reference light

signal.

40. A distance measuring device in accordance with claim 39, wherein the transmitter, the first receiver and the further receiver are arranged in a common housing.

41. A distance measuring device in accordance with claim 32, wherein the transmitter and the receiver are each arranged in a chamber-like housing section of the housing and are separated from one another in a light-tight manner by a partition wall.

42. A distance measuring device in accordance with claim 41, wherein the housing sections are closed by a light passage window made in particular of glass or light transmitting plastic.

44. A distance measuring device having a transmitter emitting at least one light signal along a transmission channel and having a receiver for the reception of the light signal reflected at an object via a reception channel and for the generation of a corresponding reflection signal, the measuring device comprising: a measuring unit configured to measure a light transit time of the received reflected light signal; and an evaluation unit configured to determine a distance between the measuring device and the object from the light transit time measured, wherein the receiver is provided at a pre-set distance to the transmitter, wherein at least a part of the emitted light signal without reflection at the object can be received directly as a reference light signal and can be converted into a reference signal, wherein the measuring unit is configured to determine a phase shift between the reflection signal and the reference signal for the determination of the light transit

time, wherein the measuring unit is configured to store a temporal curve of the reflection signal and the reference signal as a signal history and evaluate the determined phase shift and stored signal history to determine the light transit time, wherein pre-set circumstances specific to an application are used in evaluating the stored signal history to determine the light transit time.

45. A method for performing an analog/digital conversion for a signal detected during a distance measurement between a measuring device and an object, the measuring device including a transmitter and a receiver, in which a modulated light signal is emitted along a transmission channel by the transmitter in the direction of the object, the method comprising: receiving at least a part of the light signal emitted that is reflected at the object via a reception channel; converting the reflected light signal into a reflection signal; sampling the reflection signal at a sample rate at one or more sampling times, wherein analog signal values of the reflection signal detected in each case at the one or more sampling times are read into one or more analog memories at the sampling rate; and reading out the signal values stored for the reflection signal in the one or more analog memories of the one or more analog memories at a read-out rate lower than the sampling rate, wherein the read-out signal values for the reflection signal are subjected to an analog-digital conversion.